

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Seizmická odezva významných objektů v oblasti města Ostravy vlivem
tramvajové dopravy

Seismic Response of Important Buildings in the City of Ostrava Due to the
Tramway

Student:

Lukáš Kičmer

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Stolárik, Ph.D

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Kičmer**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R017 Geotechnika
Téma: Seismická odezva významných objektů v oblasti města Ostravy vlivem tramvajové dopravy
Seismic Response of Important Buildings in the City of Ostrava Due to the Tramway

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Úvod
Referace
Vlastní experimentální měření
Zhodnocení výsledků z měření
Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. KALÁB, Z. *Seismická měření v geotechnice*. Monografie, 2008, Ostrava. ISBN 978-80-2401795-5
2. SARBYS, R. *Environmental Geotechnics*. Thomas Telford Limited, 2000, London. ISBN 978-0727727527
3. TOWHATA, I. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Springer, 2008. Berlin. ISBN 978-3-540-35783-4
4. ČSN 73 0040 – Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva, Český normalizační institut, 1996, Praha.
5. Články v odborných periodících (Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava, Earth, Soil Dynamics and Earthquake Engineering)


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Stelárík, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 02.05.2016




doc. RNDr. Eva Hrubá, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, же Высoкá škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Anotace:

Tato práce se zabývá vyhodnocením výsledků seizmického měření dynamických účinků od tramvajové dopravy na významné budovy města Ostravy. Problematika je řešena na základě měření v různých významných budovách v městských obvodech Vítkovice, Jich a Moravská Ostrava. K měření byl použit třísložkový senzor a digitální záznamová aparatura. Na základě těchto dat byly vytvořeny grafy pro maximální amplitudy rychlosti kmitání a četnost projíždějících tramvajových vozů.

Klíčová slova:

Seizmické měření, tramvajová doprava, rychlost kmitání.

Annotation

This bachelor thesis deals with seismic measurements of dynamic effects from the tram traffic on major buildings in Ostrava and with evaluation of the results. The problem is solved on the basis of measurements at different important buildings in the city districts Vítkovice, Jich and Moravská Ostrava. The measurements was used three-component sensor and digital recording devices. Based on these data were generated graphs for maximum velocity amplitude oscillation of passing trams.

Keywords:

Seismic measurement, tram traffic, oscillation velocity.

Obsah

1.	ÚVOD	7
2.	TRAMVAJOVÁ DOPRAVA V OSTRAVĚ	8
2.1.	VOZOVÝ PARK	9
3.	MĚŘÍCÍ APARATURA	15
3.1.	APARATURA GAIA2T	15
3.2.	SENZOR VIGEO2	16
4.	SEIZMICKÉ MĚŘENÍ VE VÝZNANÝCH BUDOVÁCH	17
4.1.	KRAJSKÝ ÚŘAD	18
4.2.	KOSTEL SV. JOSEFA	22
4.3.	DŮM KULTURY OSTRAVA	26
4.4.	PLYNÁRNY RWE	30
4.5.	ÚMOB - VÍTKOVICE	33
4.6.	ÚMOB - JIH	37
4.7.	DIVADLO PETRA BEZRUČE	41
5.	VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ	45
5.1.	KRAJSKÝ ÚŘAD	46
5.2.	KOSTEL SV. JOSEFA	48
5.3.	DŮM KULTURY OSTRAVA	49
5.4.	PLYNÁRNY RWE	51
5.5.	ÚMOB - VÍTKOVICE	52
5.6.	ÚMOB - JIH	54
5.7.	DIVADLO PETRA BEZRUČE	55
6.	ZÁVĚR	57
7.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ INFORMACÍ	59
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ POUŽITÝCH V TEXTU	60
9.	SEZNAM TABULEK POUŽITÝCH V TEXTU	62
10.	SEZNAM GRAFŮ POUŽITÝCH V TEXTU	63

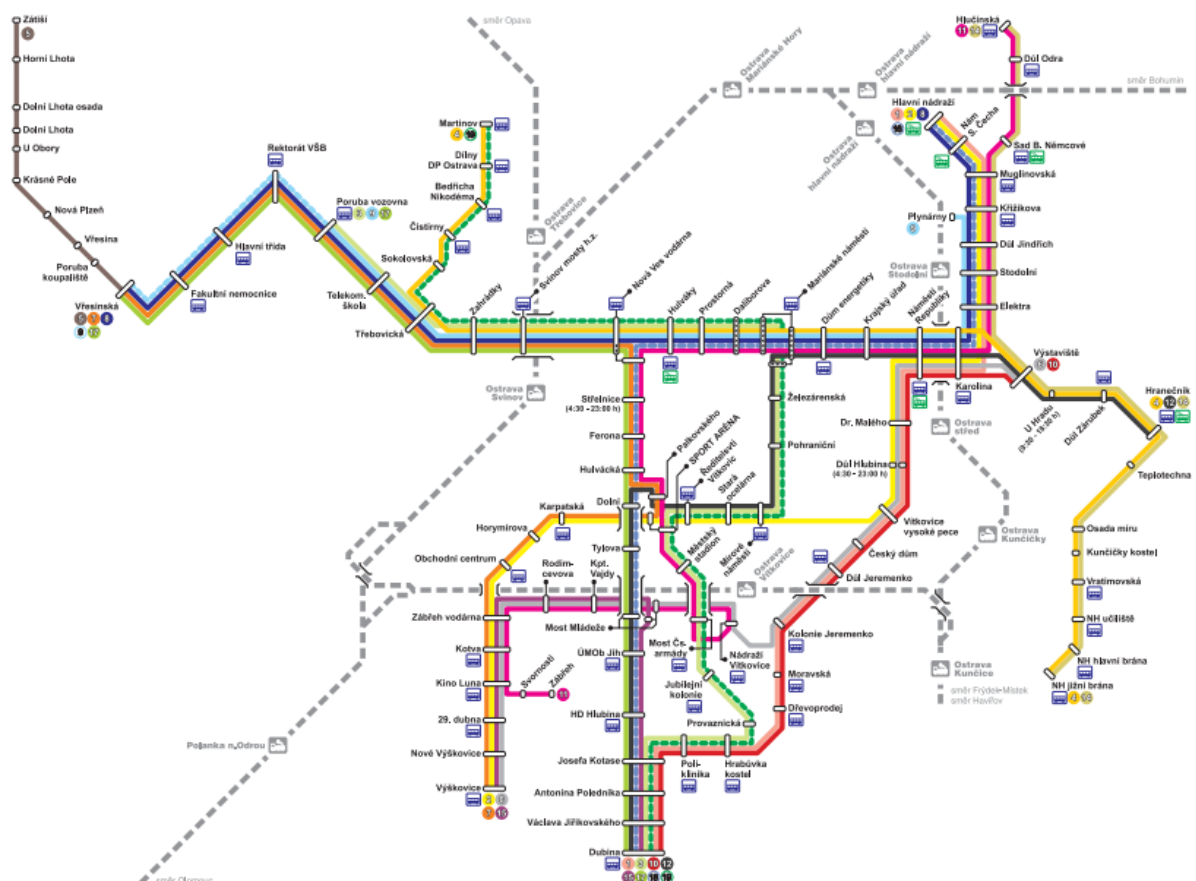
1. ÚVOD

Základním stavebním kamenem každého většího města bývá jeho dopravní infrastruktura a především hromadná doprava pro přepravu více obyvatel najednou. Mezi nejčastější dopravní prostředky patří podle možností měst a velikostí autobusy, tramvaje, automobily, metro a vlaky. V Ostravě mezi nejpoužívanější prostředek patří právě tramvajová doprava, která se považuje za nejekologičtější. Každý typ dopravy sebou ale přináší negativní vlivy na obyvatele, ale i na budovy v jejich blízkosti. Největšími a nejvíce výraznými negativními vlivy u tramvajové dopravy se považují vibrace a hluk. Právě vibrace, které vznikají při průjezdu tramvajových vozů, spadají do problematiky technické seizmicity, která zahrnuje všechny dynamické jevy způsobené člověkem a jeho stroji, či dopravními prostředky, jak už bylo zjištěno v předešlých bakalářských pracích, které se zabývaly danou problematikou. Obyvatelé jsou před těmito účinky chráněni nařízení vlády č.272/2011 Sb., O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. [1][2][3][4][5]

Hlavní částí této bakalářské práce je samotné měření rychlosti kmitání v prostorech významných budov města Ostravy, zpracování a vyhodnocení daných měření. Pro lepší povědomí o daných lokalitách, jsou dodány geotechnické vrty z databáze Geofondu. V práci je také zaznamenán současný stav tramvajové dopravy města Ostravy, aby bylo každé měření konkretizováno na daný typ projíždějících tramvajových souprav. Všechny hodnoty byly měřeny a zaznamenávány pomocí aparatury Gaia2T s připojeným rychlostním senzorem ViGeo2, která je podrobněji popsána níže.

2. TRAMVAJOVÁ DOPRAVA V OSTRAVĚ

Mezi největší průmyslové oblasti v České republice vždy patřila Ostrava a její okolní obce. Hlavně ke konci 19. století, když zde vzrůstal počet obyvatel, bylo zapotřebí vyřešit základní problém, kterým byla doprava. Železnice se nemohla uplatnit pro celou Ostravu a ostatní dopravní prostředky v té době nebyly dostupné pro všechny obyvatele. Poprvé v roce 1894 se zde objevila první parní tramvaj, která byla využívána k přepravě osob, ale i nákladů. Od této doby se stala tramvajová doprava v Ostravě nejvyužívanějším a nejrozšířenějším dopravním prostředkem. V současné době je vystavěno 100 zastávek a používáno 272 tramvajových vozů, z toho 113 nízkopodlažních, které jsou provozovány po tramvajové síti o délce 62,5 km a spojují všechny části Ostravy (Obr. 1). [6] [7]

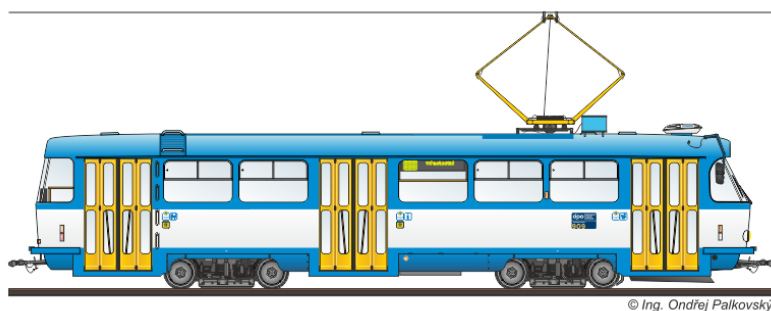


Obr. 1: *Schéma tramvajové dopravy [8]*

2.1. VOZOVÝ PARK

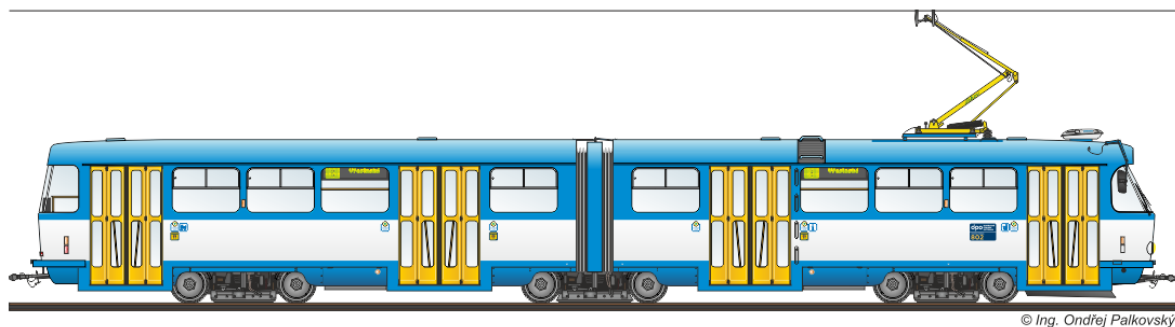
V současné době je v Ostravě díky dopravního podniku využíváno 12 typů tramvajových souprav a jeden vlečný vůz, které se liší různými parametry: rychlostí, rozměry, váhou nebo kapacitou. Všechny tyto parametry ovlivňují, který typ vozu je třeba nasadit do provozu na danou linku.

První a nejvíce využívanějším vozem je vůz typu ČKD T3 (Obr. 2), kterých bylo vyrobeno v letech 1962 - 1989 téměř 14 tisíc. Do Ostravy se tyto tramvaje dostaly až v 70. letech 20. století. V průběhu let byly tyto stroje předělávány na modernější typy tramvají a velice často upravovány a opravovány.



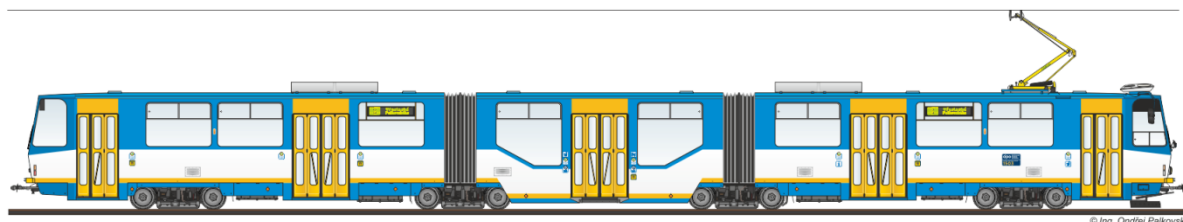
Obr. 2: *Nákres vozu ČKD T3* [9]

Novými tramvajemi v roce 1965 byly ČKD K1, ale tyto stroje byly velice poruchové. Důvodem bylo, že to byly první prototypy článkových tramvají. O dva roky později byly vylepšeny a plně vybaveny elektrickou výzbrojí pro lepší funkčnost a vydány jako typ ČKD K2 (Obr. 3).



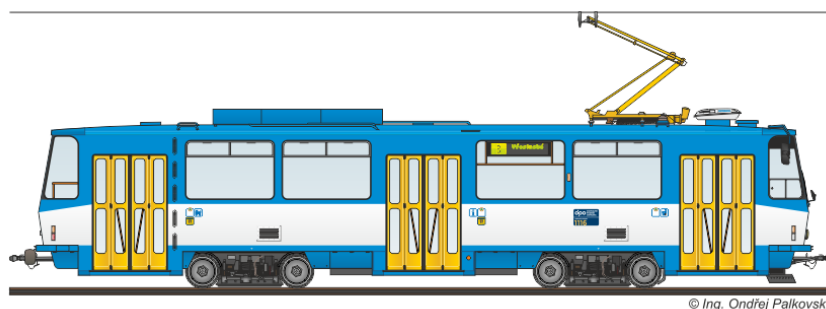
Obr. 3: *Nákres vozu ČKD K2* [9]

V 80. letech ČKD Praha vyvinula vozy typu KT8D5 (Obr. 4), které se do Ostravy dostaly až v roce 1989. Tyto vozy jsou v současné době zrekonstruovány a značeny jako KT8D5.RN1. Slouží jenom k jednosměrnému provozu a Ostrava vlastní 16 souprav.



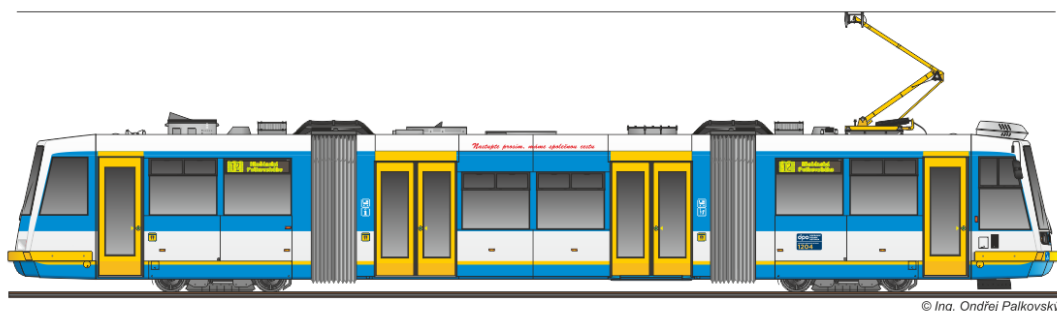
Obr. 4: *Nákres vozu KT8D5.RN1 [9]*

Mezi jedny z nejpočetnějších tramvajových vozů patří vozy typu ČKD T6A5 (Obr. 5), které se zde objevily v roce 1994 a od této doby jich dopravní podnik vlastní 38.



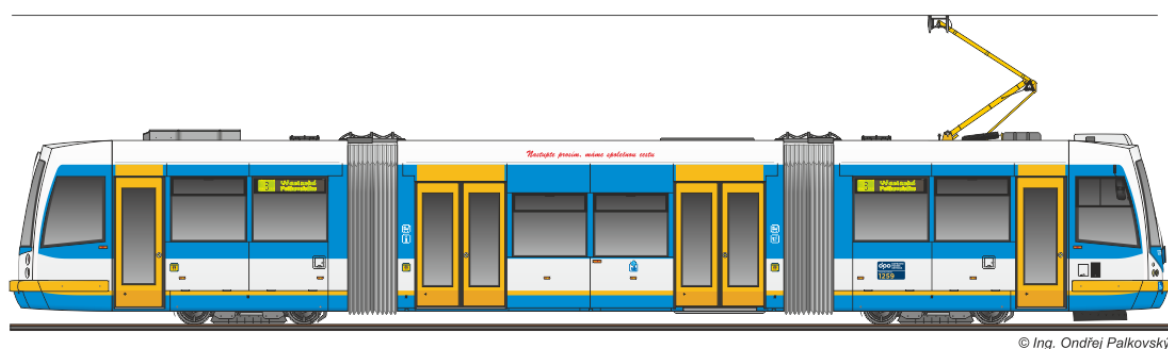
Obr. 5: *Nákres vozu ČKD T6A5 [9]*

Rok 1998 je přelomový. Důvodem jsou nové typy tramvají Škoda - Inekon LTM 10.08 (ASTRA) (Obr. 6), které jsou nízkopodlažní a velice oblíbené. Dopravní podnik pořídil v následujících letech dalších 12 vozů.



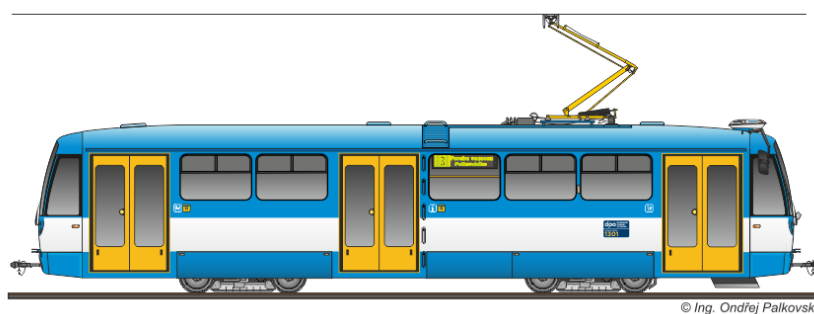
Obr. 6: *Nákres vozu Škoda - Inekon LTM 10.08 (ASTRA) [9]*

Ve 21. století se rozmohly právě nízkopodlažní tramvaje jako Škoda - Inekon LTM 10.08 (ASTRA). Inekon Trams, výrobce těchto tramvají, přináší v roce 2001 nový typ Inekon 2001 TRIO (Obr. 7), který je modernější a levnější. Dopravní podnik Ostrava v současné době využívá 9 vozů toho typu.



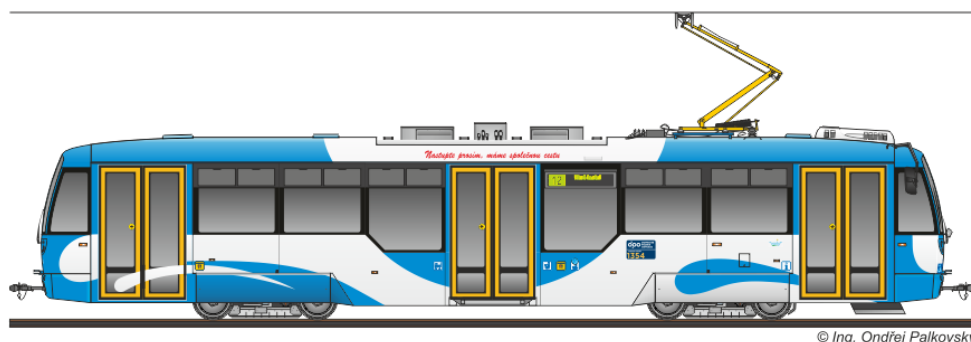
Obr. 7: *Nákres vozu Inekon 2001 TRIO [9]*

Typ vozu T3R.EV (Obr. 8) je jenom jeden jediný v celém vozovém parku, jedná se o rekonstruovaný a modernizovaný vůz ČKD T3 ve spolupráci s firmami Pragoimex, VKV Praha a Krnovské opravny. Vůz získal novou kostru, tím pádem i nový design a elektrickou výzbroj.



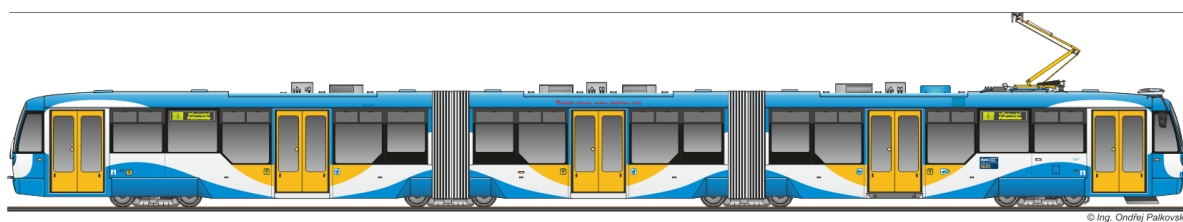
Obr. 8: *Nákres vozu T3R.EV [9]*

Další rekonstrukcí vozů ČKD T3 vznikají vozy typu Vario LFR (Obr. 9), které získávají moderní podvozky, design a elektrickou výzbroj a především z nich vznikají nízkopodlažní vozy. Dopravní podnik tímto krokem zlepšuje bezbariérovou kapacitu tramvajové dopravy. V současnosti se jedná o největší počet těchto vozů, který čítá 63 tramvají.



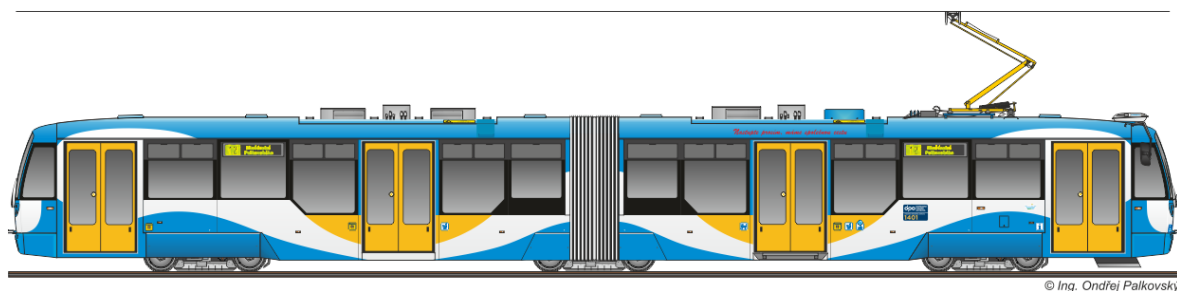
Obr. 9: *Nákres vozu Vario LFR [9]*

Také starší typy KT8D5.RN1 nezůstaly zapomenuty a byly přestavěny na nové typy Vario LF3 (Obr. 10), které se nechaly inspirovat vozy Vario LFR. Tyto vozy byly zařazeny do provozu v roce 2006.



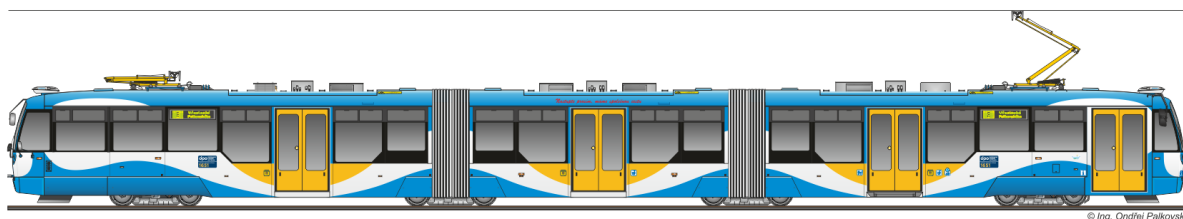
Obr. 10: *Nákres vozu Vario LF3 [9]*

Vario LF2 (Obr. 11) je jen dalším článkem Ostravské tramvajové dopravy, jedná se přesněji opět o nízkopodlažní vůz se třemi podvozky a nízkopodlažní podlahou. Zařazeny do provozu byly v červenci roku 2007.



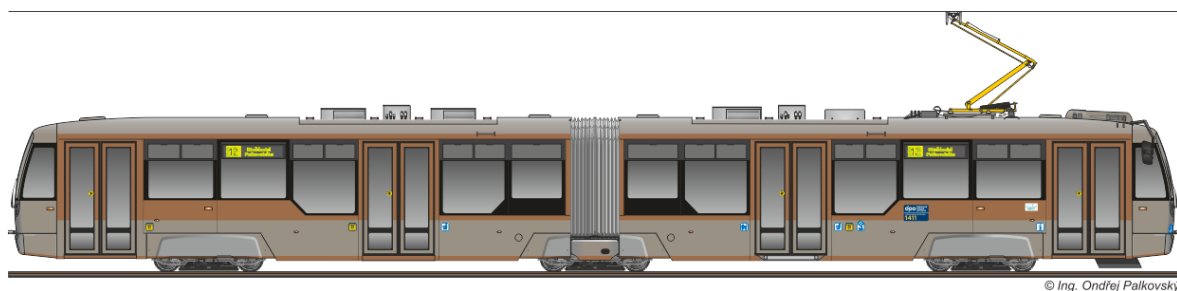
Obr. 11: *Nákres vozu Vario LF2 [9]*

Vario LF3/2 (Obr. 12) připomíná Vario LF3, ale tato tramvaj je velice využívána u rychlodrážních tratí. Taktéž je to typ, který se využil jako rekonstrukce starých typů KT8D5.RN1, ale oproti přestavbě Varia LF3 mají všechny podvozky sníženou podlahu a jsou nízkopodlažní. Nejčastějším využitím bývají při rozsáhlých rekonstrukcích a opravách silniční komunikace.



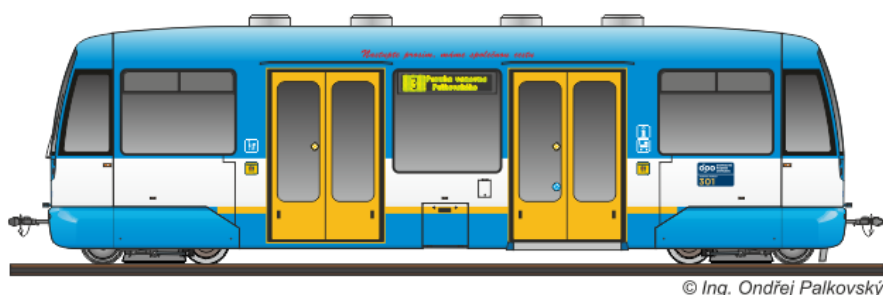
Obr. 12: *Nákres vozu Vario LF3/2 [9]*

Nejnovějším typem v Ostravě je typ Vario LF2 plus (Obr. 13), která je nejmodernější tramvají v celé Ostravě. Zařazeny do provozu byly v roce 2009 a oproti ostatním tramvajím mají jiné rozestavení sedadel a efektivnější uspořádání vnitřních prostor. Kabina řidiče je plně klimatizována a vybavena kamerovým systémem.



Obr. 13: *Nákres vozu Vario LF2 plus [9]*

Zvláštností je vlečný vůz VV60LF (Obr. 14), v současné době má dopravního podniku k dispozici 2 vlečné vozy. Tyto vlečné vozy obnovují tradici, která byla v minulosti velice běžná. Opět zde zafungovala vynikající spolupráce firem Pragoimex a Krnovské opravárny, které stály za vznikem vozu T3R.EV. Vlečné vozy jsou používány pouze k typům Vario LFR a nebo T3R.EV.



Obr. 14: *Nákres vlečného vozu VV60LF [9]*

Pro lepší orientaci v tabulce č. 1 nalezneme souhrn všech typů tramvajových vozů a jejich srovnání podle parametrů. [9] [10]

Typ vozu	Počet náprav	Váha (kg)	Rozměry d/š/v (m)	Max. rychlost (km/h)	Počet míst k sezení/stání
ČKD T3	4	16 300	14,2,5/3,059	65	31/72
ČKD K2	6	21 650	20,4/2,5/3,05	65	49/108
KT8D5.RN1	8	38 500	30,3/2,48/3,55	65	63/157
ČKD T6A5	4	19 500	14,7/2,5/3,165	65	30/85
ASTRA	4	24 200	19,79/2,46/3,46	70	41/113
Inekon TRIO	4	26 00	20,13/2,46/3,46	70	41/158
T3R.EV	4	8 500	14/2,5/3,2	65	32/78
Vario LFR	4	21 200	15,1/2,5/3,8	65	33/60
Vario LF3	8	38 000	30,1/2,5/3,085	65	61/168
Vario LF2	6	31 500	22,6/2,48/3,185	65	46/94
Vario LF3/2	8	41 500	31,2/2,48/2,62	65	54/175
Vario LF2 plus	6	30 000	23,7/2,48/3,185	65	52/91
VV60LF	4	8 500	10,36/2,5/3,2	70	30/48

Tabulka č. 1: *Souhrn tramvajových vozů*

3. MĚŘÍCÍ APARATURA

3.1. APARATURA GAIA2T

Seizmická aparatura Gaia2T resp. Gaia3 je vyrobená firmou Vistec. Stanice Gaia je autonomní tři kanálová seizmická stanice s dynamickým rozsahem 138dbp-p (Obr. 15). Pro synchronizaci se používá systém GPS a zaznamenání měřených dat se zapisuje na CompactFlash disk. Celá aparatura je určena pro terénní měření při krátkodobých i dlouhodobých seizmických experimentech. Pro nastavení parametrů a kontrolu činnosti slouží program SeisTools. Stanice má tři analogové vstupní kanály. Signál ze snímače je přiveden přes konektor „SENSOR“. Vstupy jsou vybaveny dvoustupňovou ochranou proti přepětí.

Časová základna je odvozena od vysoce stabilního, teplotně kompenzovaného oscilátoru 20 MHz s maximální chybou 1 ppm v rozsahu teplot -40 až +85 °C. Každá stanice je dále kalibrována při teplotách 5, 25, 45 °C, pro dosažení typické stability pod 0.2 ppm v rozsahu 0 až 50 °C. V závislosti na vnitřní teplotě je oscilátor každou sekundu doladován. Pro dosažení dlouhodobé vysoké přesnosti je oscilátor synchronizován přijímačem GPS. GPS přijímač je externí, připojený ke stanici pomocí sériové linky RS 422. Délka vedení mezi přijímačem a stanicí může být až 1 km. Komunikace s GPS přijímačem používá binární formát Motorola. Ukládání dat je souborově orientované. To umožňuje přímou práci s daty po připojení těchto disků k počítači. Je možné volit mezi třemi režimy ukládání dat. Lze zadat až sto časových intervalů, ve kterých dojde k zápisu dat. Data se ukládají do adresáře, který nese jméno stanice a do podadresáře aktuálního roku. Naměřená data jsou v reálném čase také dostupná po sériové lince. Pro tento výstup dat používá stanice svůj vlastní datový formát. Pro komunikaci s okolím má stanice celkem tři sériové linky. Dvě RS 232 pro připojení počítače a nastavování parametrů stanice, přenos dat v reálném čase, upgrade firmware a připojení rozšiřujících modulů, druhá slouží pro připojení GSM modemu a jednu RS 422 pro připojení GPS přijímače a proti standardní RS 422 je rozšířena o signál PPS a napájení GPS. Napájení stanice je přizpůsobeno požadavku použití běžných 12-ti voltových akumulátorů a nutnosti napájet ze stanice i snímač. Podle velikosti napětí stanice automaticky přepíná napájení mezi interním a externím zdrojem. [11][12]

3.2. SENZOR VIGEO2

ViGeo2 je aktivní, tříosložkový, krátkoperiodický, rychlostní seismometr pro terénní i staniční použití (Obr. 15). Seismometr obsahuje tři mechanické kmitavé systémy (snímače) s vlastní frekvencí 2Hz a frekvenční rozsah je od 2Hz do 200Hz. [12][13]



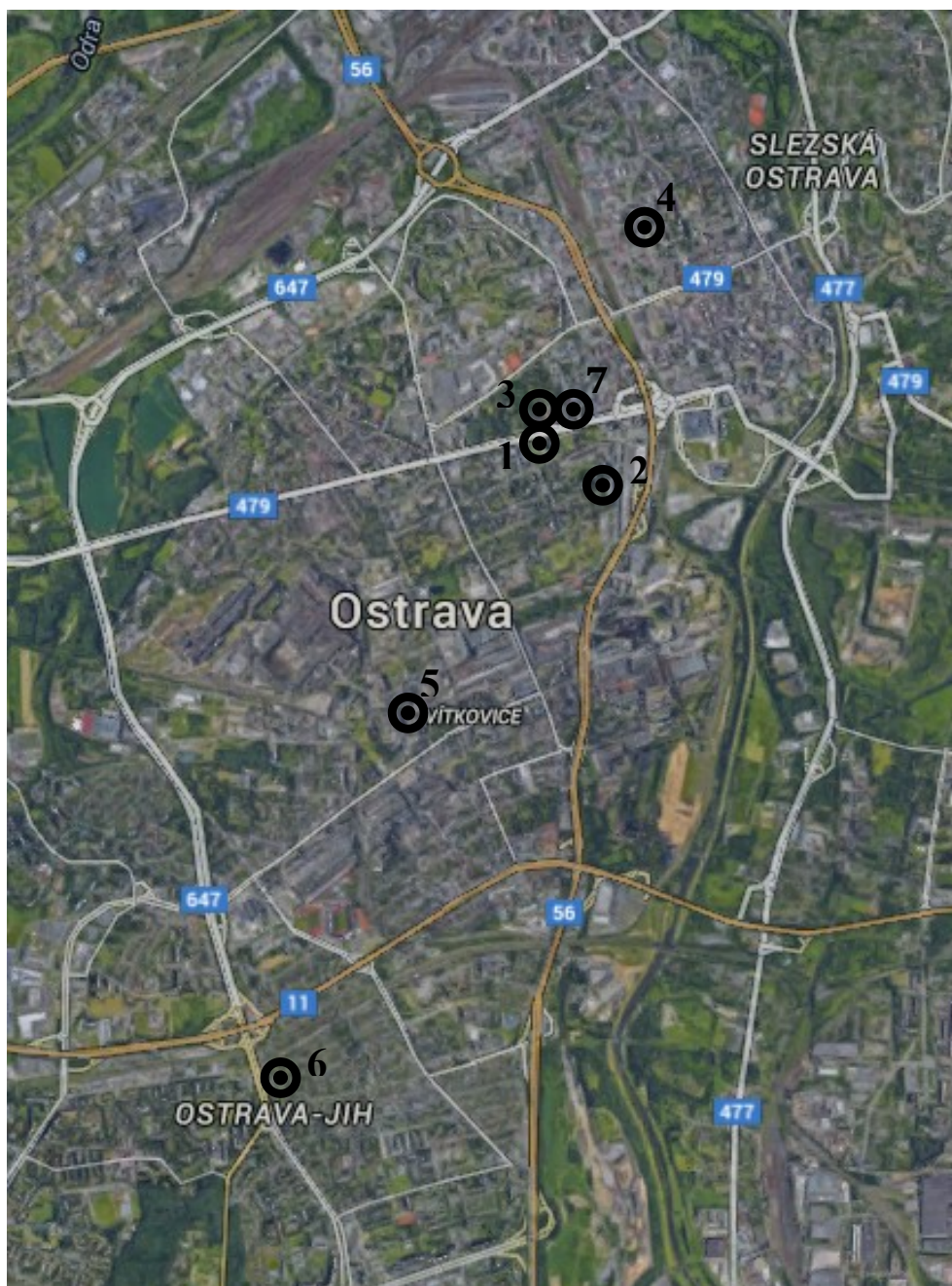
Obr. 15: *Aparatura Gaia 2T (vlevo) a senzor Vigeo2 (vpravo)*

4. SEIZMICKÉ MĚŘENÍ VE VÝZNANÝCH BUDOVÁCH

Před začátkem měření bylo třeba dohodnout a zajistit vstup do významných budov města Ostravy, ve kterých by bylo možné dané měření realizovat. Snahou bylo, aby byla pokryta co největší plocha města, a aby vznikly různé podmínky pro daná měření (vzdálenost, podloží, počet průjezdů, konstrukce a založení budovy atd.). Dohromady bylo zajištěno sedm budov, které se nacházejí v těchto obvodech Ostravy: Ostrava - Jich, Ostrava - Vítkovice a Moravská Ostrava. Jedná se o tyto budovy: Krajský úřad, Kostel sv. Josefa, Dům kultury Ostrava, Plynárny RWE, ÚMOB - Vítkovice, ÚMOB - Jih a Divadlo Petra Bezruče (Obr. 16).

Pro lepší přehled o budovách bylo u správců budov požádáno o projektovou dokumentaci. Pro zjištění lokální geologie bylo požádáno o zaslání výpisu geologických vrtů z databáze České geologické služby – Geofond, které se nacházely nejbližší daných budov. Na základě získaných výpisů byla vytvořena schémata daných vrtů, kde můžeme názorně vidět složení daných vrstev.

Samotná měření v budovách probíhala pomocí jedné aparatury Gaia2 s připojeným rychlostním senzorem ViGeo2. Celá aparatura byla umístěna v nejnižším podlaží (referenční stanoviště) a senzor byl orientovaný kolmo k ose kolejového pásu. Před začátkem měření byla pomocí dálkoměru změřena vzdálenost mezi nejbližší tramvajovou kolejnicí a touto budovou. Při měření byl zaznamenán počet projetých vozů, čas, číslo vozu či souprav a číslo linky u tramvaji, které projeli na měřené tramvajové dráze. Pomocí čísla vozu byly zpětně určeny typy vozů a pomocí času, který nám udával lepší orientaci a přesnost, byly určeny maximální amplitudy rychlosti kmitání daných tramvajových souprav.



Obr. 16: Mapa Ostravy s vyznačenými měřenými budovami: 1 - Krajský úřad, 2 - Kostel sv. Josefa, 3 - Dům kultury Ostrava, 4 - Plynárny RWE, 5 - ÚMOB - Vítkovice, 6 - ÚMOB - Jih, 7 - Divadlo Petra Bezruče

4.1. KRAJSKÝ ÚŘAD

Krajský úřad je situován naproti sadu Dr. Milady Horákové na ulici 28. října, kde se nachází i tramvajová trať, která je z obou stran lemována jednopruhovou silnicí a chodníkem. Mezi tramvajovou tratí a budovou se ještě nachází parkoviště Krajského úřadu (Obr. 17).



Obr. 17: *Krajský úřad*

Z databáze České geologické služby – Geofondu, byl získán svislý vrt číslo 330061 (Obr. 18), který byl realizován firmou Stavoprojekt Ostrava za účelem inženýrsko-geologického průzkumu v roce 1989 do hloubky 9 m v nadmořské výšce 223,10 B.p.v.. Hladina podzemní vody se zde nenachází, z toho důvodu se jedná o suchý objekt (Obr. 19.).



Obr. 18: *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřicího přístroje (červený bod)*



Obr. 19: Složení vrtu číslo 330061

Samotné měření v prostorech Krajského úřadu proběhlo 6.4.2016 v odpoledních hodinách. Celá aparatura byla umístěna v severovýchodní části budovy (Obr. 20). Zjištěná změřená vzdálenost pomocí dálkoměru byla 44,600 m. Záznam z měření ve směru do centra je zaznamenán v tabulce č. 2. Celkově bylo zaznamenáno 30 projíždějících tramvajových vozů a souprav těchto typů: KT8D5.RN1, ČKD T3, Vario LFR, Vario LF2, Inekon TRIO, ASTRA, ČKD K2, ČKD T6A5, vlečný vůz VV60LF (Obr. 21).



Obr. 20: *Umístění měřicí aparatury*



Obr. 21: *Projíždějící tramvaj před budovou Krajského úřadu*

Číslo měření	Čas průjezdu	Číslo linky	Číslo vozů	Typ vozů
1	14:55	12	1343	Vario LFR
2	14:57	8	1500	KT8D5.RN1
3	15:01	4	1402	Vario LF2
4	15:01	9	1017 + 1029	ČKD T3 + ČKD T3
5	15:02	11	929	ČKD T3
6	15:03	8	1511	KT8D5.RN1
7	15:05	12	1337	Vario LFR
8	15:10	4	1252	Inekon TRIO
9	15:11	11	1371	Vario LFR
10	15:11	9	1125 + 1121	ČKD T6A5 + ČKD T6A5
11	15:15	8	1325 + 1316	Vario LFR + Vario LFR
12	15:17	12	1211	ASTRA
13	15:20	4	802	ČKD K2
14	15:21	11	1001	ČKD T3
15	15:22	9	1011 + 1019	ČKD T3 + ČKD T3
16	15:26	8	1323 + 1320	Vario LFR + Vario LFR
17	15:29	12	1332	Vario LFR
18	15:30	4	1312 + 302	Vario LFR + VV60LF
19	15:31	11	1333	Vario LFR
20	15:32	9	950 + 946	ČKD T3 + ČKD T3
21	15:35	12	978	ČKD T3
22	15:36	8	952 + 964	ČKD T3 + ČKD T3
23	15:39	4	1213	ASTRA
24	15:43	11	992	ČKD T3
25	15:43	9	1106 + 1110	ČKD T6A5 + ČKD T6A5
26	15:44	8	1357 + 1321	Vario LFR + Vario LFR
27	15:46	12	1042	ČKD T3
28	15:49	4	1256	Inekon TRIO
29	15:51	9	1130 + 1129	ČKD T6A5 + ČKD T6A5
30	15:51	11	1342	Vario LFR

Tabulka č. 2: Záznamová tabulka při měření budovy - Krajský úřad

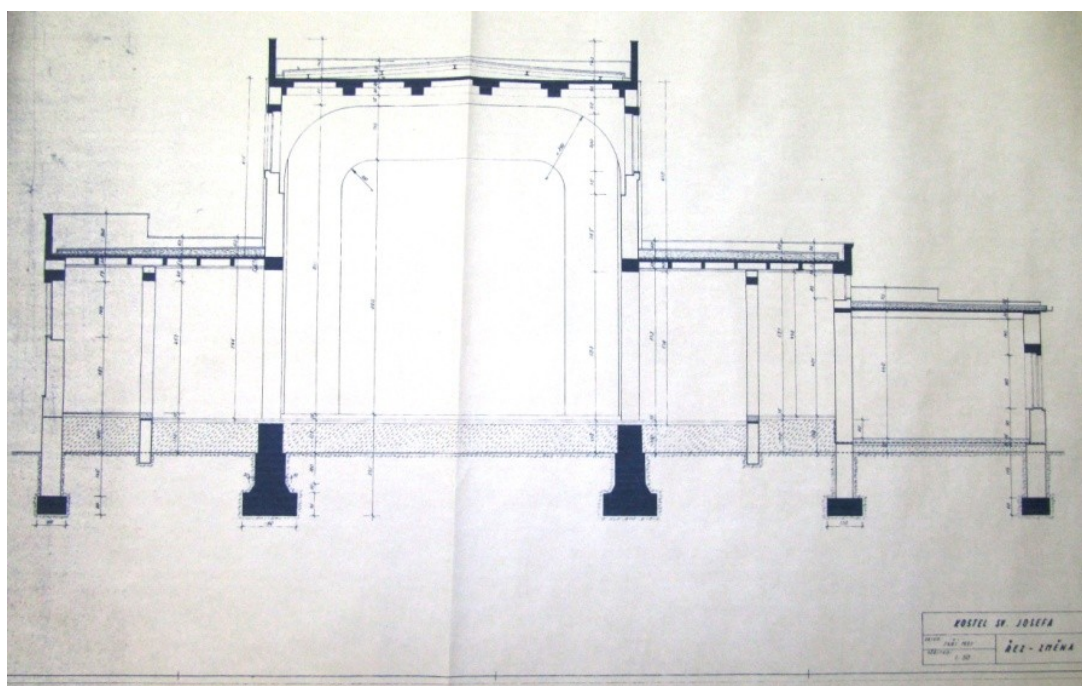
4.2. KOSTEL SV. JOSEFA

Hlavním důvodem výběru římskokatolického kostelu sv. Josefa je, že kostely v historii byly vždy hlavním a významným bodem každého města nebo vesnice. Také se jedná o nejbližší situovaný kostel k tramvajové trati v Ostravě. Kostel byl vystavěn v letech 1935 až 1937 salesiánským řádem, který se o daný kostel stará i v současnosti. Kostel nalezneme na křižovatce mezi ulicemi Vítkovická a Dr. Malého. Tramvajová trať se nachází na ulici Vítkovická a je z obou stran lemována jednopruhovou silnicí a chodníkem (Obr. 22). [14]



Obr. 22: *Kostel sv. Josefa*

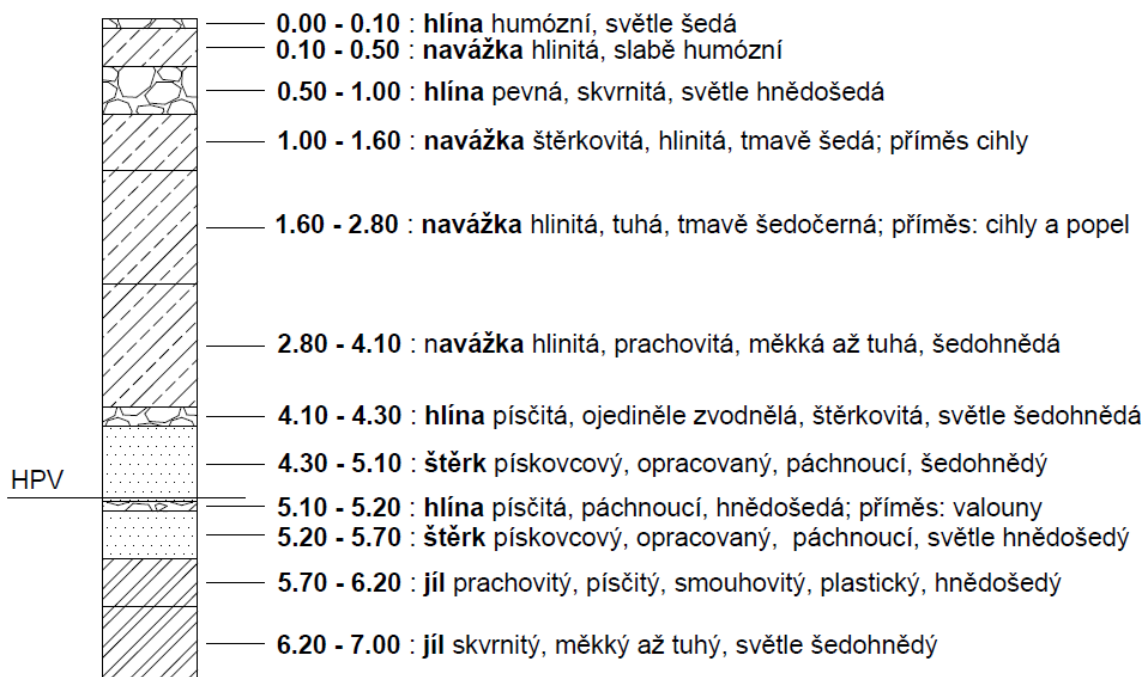
Správcem budovy byla zaslána projektová dokumentace kostela sv. Josefa (Obr. 23). Z databáze České geologické služby – Geofondu, byl získán svislý vrt číslo 641825 (Obr. 24), který byl realizován firmou GEOSTA Ostrava s.r.o. v roce 2001 do hloubky 7 m v nadmořské výšce 218,53 B.p.v.. Hladina podzemní vody se nachází v hloubce 5,06 m a jedná se o ustálenou hladinu (Obr. 25).



Obr. 23: *Řez - kostel sv. Josefa*



Obr. 24: Umístění vrtu (zelený kříž) a měřicího přístroje (červený bod)



Obr. 25: Složení vrtu číslo 641825

Samotné měření v prostorech kostela sv. Josefa proběhlo 31.3.2016 v dopoledních hodinách. Celá aparatura byla umístěna v severovýchodní části kostela (Obr. 26). Zjištěná změřená vzdálenost pomoci dálkoměru byla 11,510 m. Záznam z měření ve směru Ostrava -

Vítkovice je zaznamenán v tabulce č. 3. Celkově bylo zaznamenáno 12 projíždějících tramvajových vozů a souprav těchto typů: KT8D5.RN1, ČKD T3, Vario LFR (Obr. 27).



Obr. 26: *Umístění měřicí aparatury*



Obr. 27: *Projíždějící tramvaj před budovou kostela sv. Josefa*

Číslo měření	Čas průjezdu	Číslo linky	Číslo vozů	Typy vozů
1	9:34	2	1501	KT8D5.RN1
2	9:38	1	1045	ČKD T3
3	9:44	2	1502	KT8D5.NR1
4	9:48	1	1000 + 1016	ČKD T3 + ČKD T3
5	9:53	2	1027 + 947	ČKD T3 + ČKD T3
6	10:00	1	1507	KT8D5.RN1
7	10:03	2	1357 + 1355	Vario LFR + Vario LFR
8	10:08	1	1340 + 1328	Vario LFR + Vario LFR
9	10:13	2	983 + 978	ČKD T3 + ČKD T3
10	10:18	1	940 + 953	ČKD T3 + ČKD T3
11	10:24	2	1326 + 1319	Vario LFR + Vario LFR
12	10:28	1	1033 + 1037	ČKD T3 + ČKD T3

Tabulka č. 3: Záznamová tabulka při měření budovy - Kostel sv. Josefa

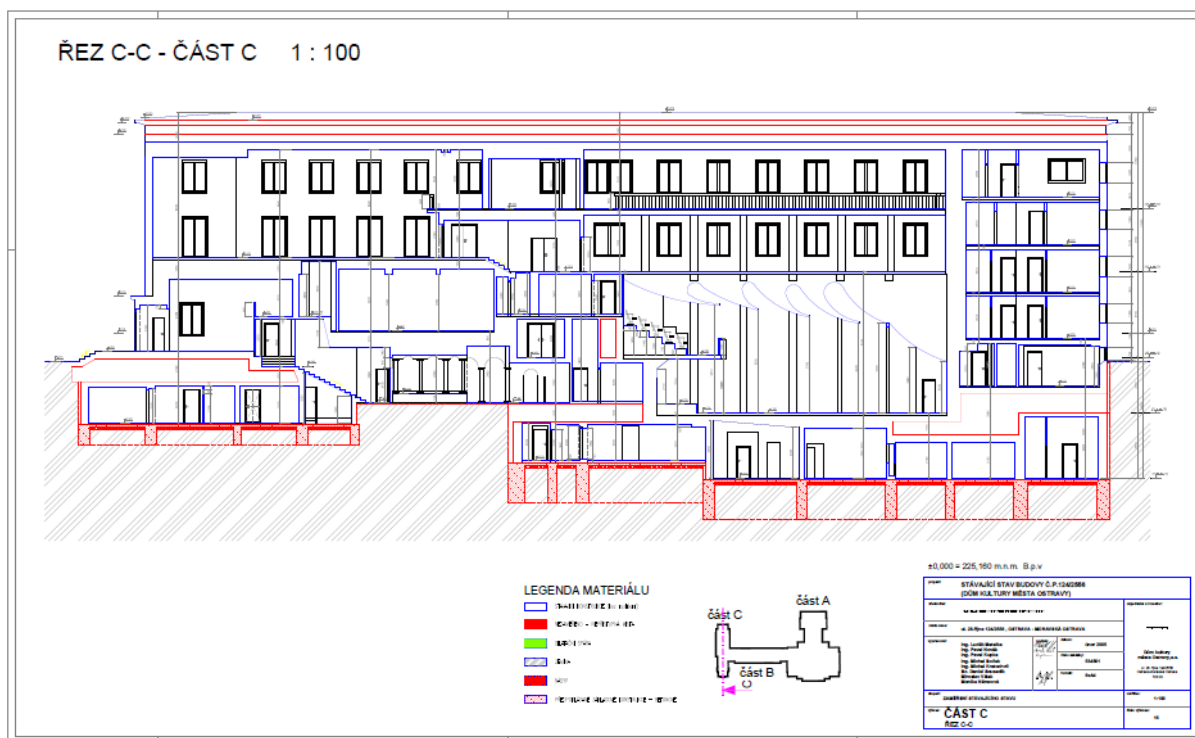
4.3. DŮM KULTURY OSTRAVA

Dům kultury Ostrava byl odjakživa centrem pro společenský život občanů Ostravy. V roce 2004 byl dokonce vyhlášen Ministerstvem kultury jako kulturní památka. V současné době se Dům kultury může pyšnit mnohými událostmi, které pořádá, jako např. koncerty Janáčkovy filharmonie, divadelní představení, kino, výstavy a jiné. Měřená budova je situována na ulici 28. října vedle sadu Dr. Milady Horákové. Tramvajová trať se nachází také na ulici 28. října a je z obou stran lemována jednopruhovou silnicí a chodníkem (Obr. 28). [15]

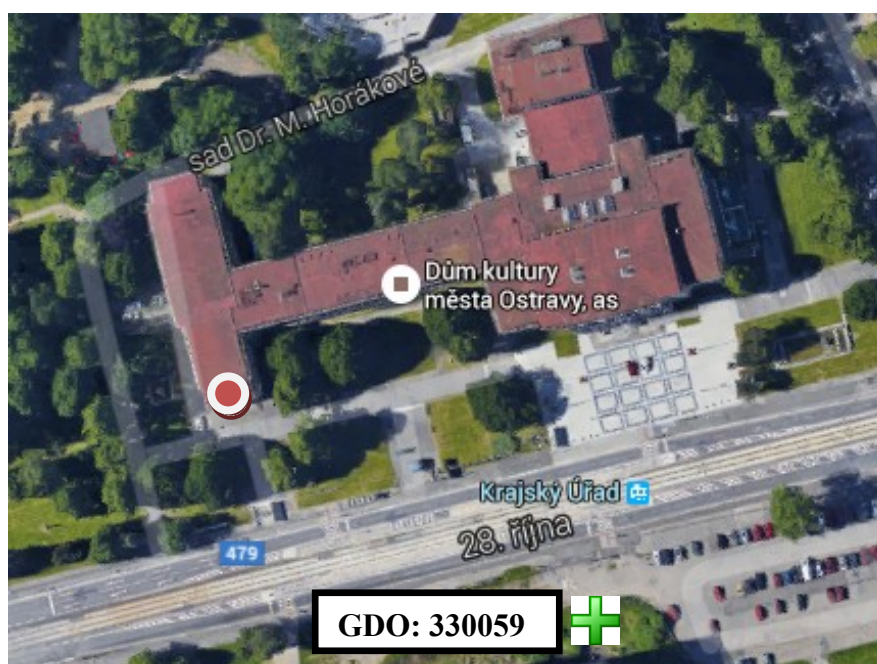


Obr. 28: Dům kultury Ostrava

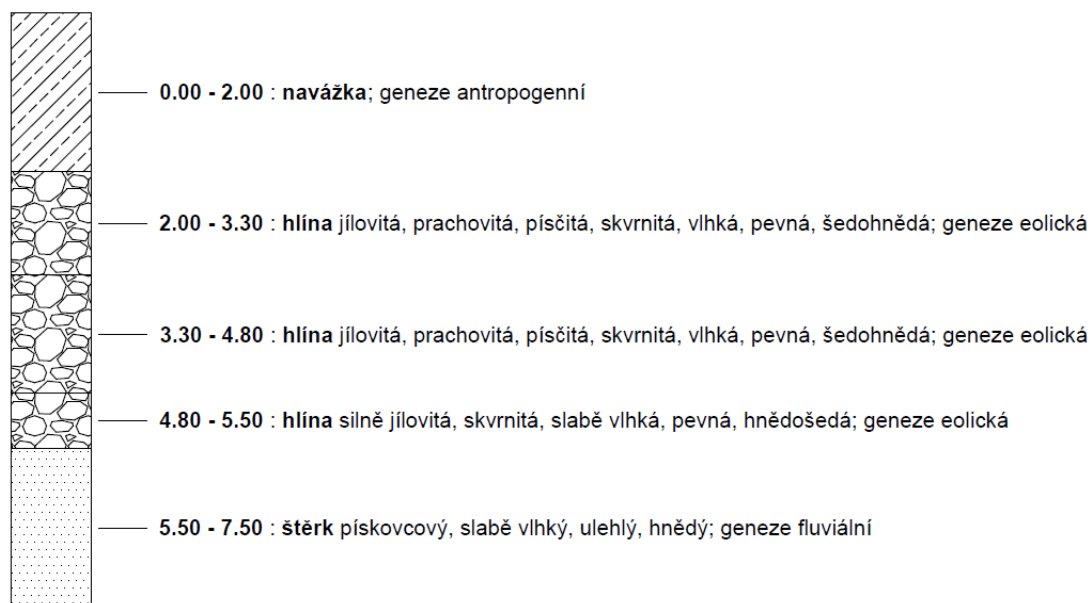
Správcem budovy byla zaslána projektová dokumentace Domu kultury Ostrava (Obr. 29). Z databáze České geologické služby – Geofondu, byl získán svislý vrt číslo 330059 (Obr. 30), který byl realizován firmou Stavoprojekt Ostrava v roce 1986 do hloubky 7,50 m v nadmořské výšce 223.50 B.p.v.. Hladina podzemní vody se zde nenachází, jedná se o suchý objekt (Obr. 31).



Obr. 29: Řez - Dům kultury Ostrava



Obr. 30: Umístění vrtu (zelený kříž) a měřicího přístroje (červený bod)



Obr. 31: Složení vrtu číslo 330059

Samotné měření v prostorech Domu kultury proběhlo 6.4.2016 v odpoledních hodinách. Celá aparatura byla umístěna v jihozápadní části budovy (Obr. 32). Zjištěná změřená vzdálenost pomocí dálkoměru byla 43,222 m. Záznam z měření ve směru z centra je zaznamenán v tabulce č. 4. Celkově bylo zaznamenáno 30 projíždějících tramvajových vozů a souprav těchto typů: KT8D5.RN1, ČKD T3, Vario LFR, Inekon TRIO, ASTRA, ČKD K2, ČKD T6A5, vlečný vůz VV60LF (Obr. 33).



Obr. 32: Umístění měřící aparatury



Obr. 33: Projíždějící tramvaj před budovou Domu kultury Ostrava

Číslo měření	Čas průjezdu	Číslo linky	Číslo vozů	Typ vozů
1	16:11	11	1371	Vario LFR
2	16:12	4	802	ČKD K2
3	16:13	9	1011 + 1019	ČKD T3 + ČKD T3
4	16:17	8	1515	KT8D5.RN1
5	16:18	12	978	ČKD T3
6	16:21	4	1312 + 302	Vario LFR + VV60LF
7	16:22	11	1001	ČKD T3
8	16:23	9	950 + 946	ČKD T3 + ČKD T3
9	16:27	12	1042	ČKD T3
10	16:27	8	1514	KT8D5.RN1
11	16:32	4	1213	ASTRA
12	16:32	11	1333	Vario LFR
13	16:33	9	1106 + 1110	ČKD T6A5 + ČKD T6A5
14	16:38	8	1509	KT8D5.RN1
15	16:39	12	1334	Vario LFR
16	16:41	4	1256	Inekon TRIO
17	16:43	11	992	ČKD T3
18	16:44	9	1130 + 1129	ČKD T6A5 + ČKD T6A5
19	16:48	12	1028	ČKD T3
20	16:48	8	1513	KT8D5.RN1
21	16:51	4	1205	ASTRA
22	16:52	11	1342	Vario LFR
23	16:53	9	1015 + 967	ČKD T3 + ČKD T3
24	16:57	12	1014	ČKD T3
25	16:58	8	1500	KT8D5.RN1
26	17:00	4	1254	Inekon TRIO
27	17:01	11	941	ČKD T3
28	17:02	9	960 + 956	ČKD T3 + ČKD T3
29	17:08	12	1350	Vario LFR
30	17:08	8	1511	KT8D5.RN1

Tabulka č. 4: Záznamová tabulka při měření budovy - Dům kultury Ostrava

4.4. PLYNÁRNY RWE

Budova plynáren RWE je nejmladší měřenou stavbou této bakalářské práce. Tato stavba byla v roce 2003 vyhlášena stavbou roku pro svůj neobvyklý design. V současnosti slouží jako kanceláře pro zaměstnance RWE. Nalezneme ji na ulici Plynární, kde se taktéž nachází tramvajová trať (Obr. 34).



Obr. 34: *Plynárny RWE*

Správcem budovy byla zaslána projektová dokumentace plynáren RWE (Obr. 35). Z databáze České geologické služby – Geofondu, byl získán vrt číslo 330657 (Obr. 36), který byl realizován firmou Stavoprojekt Ostrava za účelem inženýrsko-geologického průzkumu v roce 1987 do hloubky 9,80 m v nadmořské výšce 209,90 B.p.v.. Hladina podzemní vody se nachází v hloubce 4,20 m a jedná se o ustálenou hladinu (Obr. 37).



Obr. 37: Složení vrtu číslo 330657

Samotné měření v prostorech plynáren RWE proběhlo 31.3.2016 v odpoledních hodinách. Celá aparatura byla umístěna v jihozápadní části budovy (Obr. 38). Zjištěná změřená vzdálenost pomocí dálkoměru byla 11,672 m. Záznam z měření ve směru do vozovny na ulici Plynární je zaznamenán v tabulce č. 5. Celkově bylo zaznamenáno 12 projíždějících tramvajových vozů a souprav těchto typů: KT8D5.RN1, ČKD T3, Vario LFR, Vario LF3/2, ASTRA, ČKD T6A5 (Obr. 39).



Obr. 38: Umístění měřicí aparatury



Obr. 39: Projíždějící tramvaj před budovou plynáren RWE

Číslo měření	Čas průjezdu	Číslo linky	Číslo vozů	Typ vozů
1	13:25	10	1651	Vario LF3/2
2	13:28	6	1010	ČKD T3
3	13:32	14	1513	KT8D5.RN1
4	13:35	10	1047	ČKD T3
5	13:38	6	1203	ASTRA
6	13:48	6	1351	Vario LFR
7	13:53	L - cvičná jízda	954	ČKD T3
8	13:59	6	1213	ASTRA
9	14:03	9	1135	ČKD T6A5
10	14:08	6	939	ČKD T3
11	14:13	9	1101	ČKD T6A5
12	14:19	6	1206	ASTRA

Tabulka č. 5: Záznamová tabulka při měření budovy - Plynárny RWE

4.5. ÚMOB - VÍTKOVICE

Budova ÚMOB - Vítkovice je nejbližší situovaná významná budova k tramvajové trati v celém městě. Z toho důvodu oproti ostatním budovám zde bylo prováděno měření na bližší i vzdálenější tramvajové dráze. Budovu ÚMOB - Vítkovice nalezneme na křižovatce ulic 1. Máje, Ruská a Jeremenkova. Tramvajová trať se nachází na ulici 1. Máje a je z obou stran lemována chodníkem (Obr. 40).

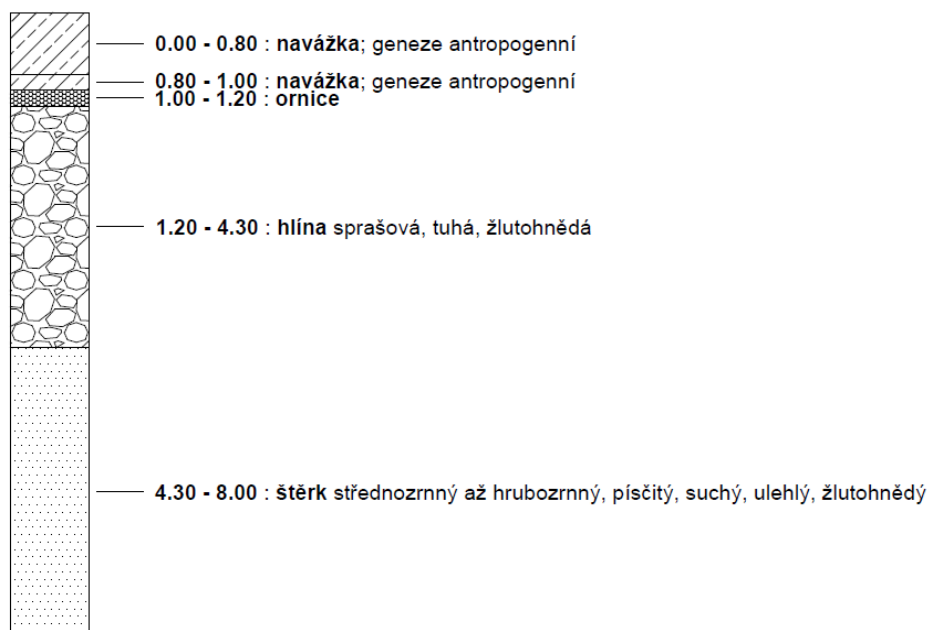


Obr. 40: *ÚMOb - Vítkovice*

Z databáze České geologické služby – Geofondu, byl získán vrt číslo 334201 (Obr. 41), který byl realizován firmou Geologický průzkum Ostrava n.p. v roce 1990 do hloubky 8 m v nadmořské výšce 229,00 B.p.v.. Hladina podzemní vody se zde nenachází. Při realizaci tohoto vrtu byly prováděny geotechnické rozbory (Obr. 42).



Obr. 41: *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřicího přístroje (červený bod)*



Obr. 42: Složení vrtu číslo 334201

Samotné měření v prostorech budovy ÚMOB - Vítkovice proběhlo 6.4.2016 v dopoledních hodinách. Měření probíhalo pro průjezdy tramvajových vozů v obou směrech. Celá aparatura byla umístěna v jihozápadním rohu budovy (Obr. 43). Zjištěná změřená vzdálenost pomoci dálkoměru byla 4,610 m pro bližší kolejnici a 7,655 m pro vzdálenější kolejnici. Záznam z měření je zaznamenán v tabulce č. 6 a 7. Celkově bylo zaznamenáno 12 projíždějících tramvajových vozů a souprav v každém směru těchto typů: ČKD T3, Vario LFR, Inekon TRIO, ASTRA, ČKD T6A5 (Obr. 44).



Obr. 43: Umístění měřicí aparatury



Obr. 44: Projíždějící tramvaj před budovou ÚMOB - Vítkovice

Číslo měření	Čas průjezdu	Číslo linky	Číslo vozů	Typy vozů
1	9:54	3	1358	Vario LFR
2	9:58	12	1337	Vario LFR
3	10:03	3	914	ČKD T3
4	10:10	12	1211	ASTRA
5	10:13	3	1258	Inekon TRIO
6	10:18	12	1332	Vario LFR
7	10:23	3	1117	ČKD T6A5
8	10:28	12	978	ČKD T3
9	10:34	3	1360	Vario LFR
10	10:38	12	1042	ČKD T3
11	10:43	3	942	ČKD T3
12	10:48	12	1334	Vario LFR

Tabulka č. 6: Záznamová tabulka bližší koleje při měření budovy - ÚMOB Vítkovice

Číslo měření	Čas průjezdu	Číslo linky	Číslo vozů	Typy vozů
1	9:56	12	1042	ČKD T3
2	9:59	3	942	ČKD T3
3	10:06	12	1334	Vario LFR
4	10:09	3	1201	ASTRA
5	10:18	12	1028	ČKD T3
6	10:19	3	1207	ASTRA
7	10:26	12	1014	ČKD T3
8	10:29	3	938	ČKD T3
9	10:35	12	1350	Vario LFR
10	10:39	3	996	ČKD T3
11	10:45	12	1343	Vario LFR
12	10:48	3	1358	Vario LFR

Tabulka č. 7: Záznamová tabulka vzdálenější koleje při měření budovy - ÚMOB Vítkovice

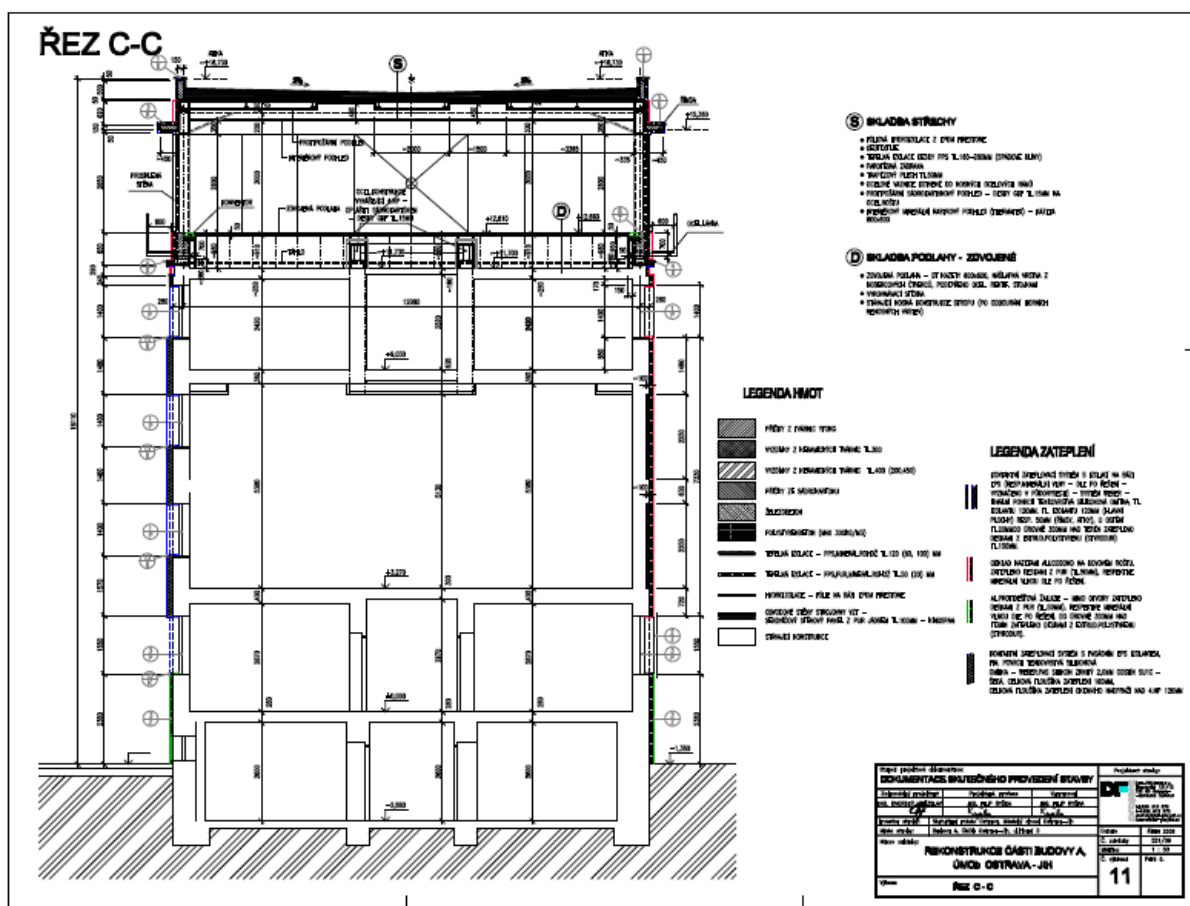
4.6. ÚMOB - JIH

Budova ÚMOB - Jih je situována na ulici Edisonova. Tramvajová trať se nachází na ulici Horní a je z obou stran lemována jednopruhovou silnicí a chodníkem. Mezi tramvajovou tratí a budovou se ještě nachází parkoviště úřadu (Obr. 45).



Obr. 45: *ÚMOB - Jih*

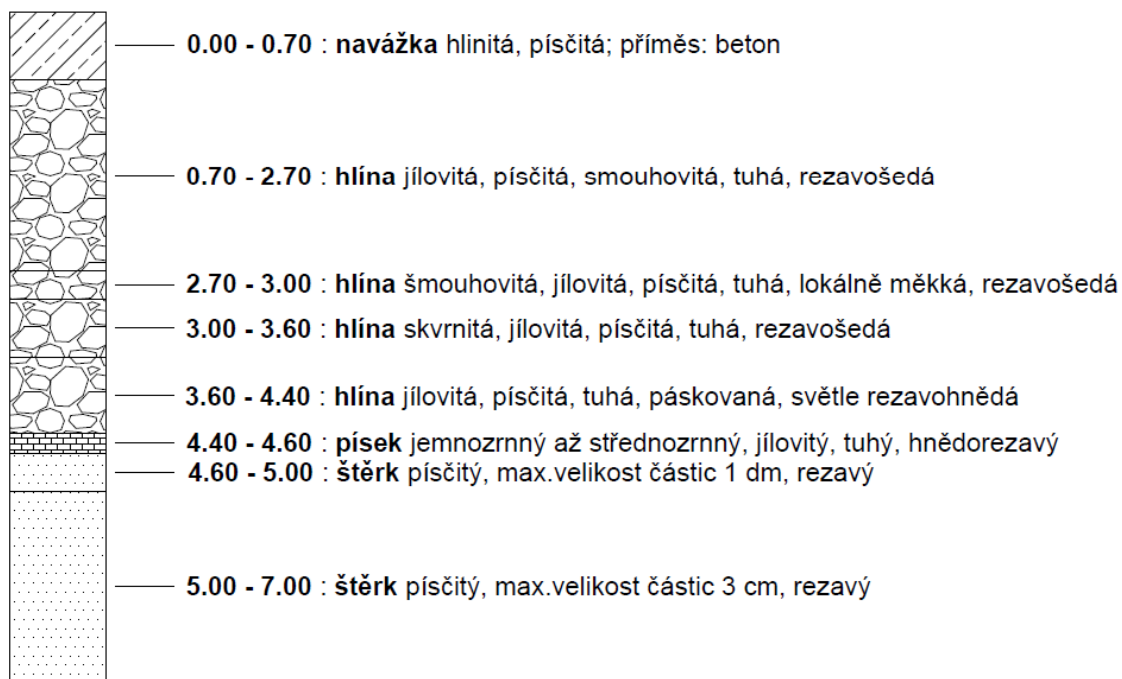
Správcem budovy byla zaslána projektová dokumentace ÚMOB - Jih budova A (Obr. 46). Z databáze České geologické služby – Geofondu, byl získán vrt číslo 641443 (Obr. 47), který byl realizován Ing. Liborem Vlkem v roce 2004 do hloubky 7 m v nadmořské výšce 236,34 B.p.v.. Hladina podzemní vody se zde nenachází. Při realizaci tohoto vrtu byly prováděny geotechnické rozbory a zkoušky zrnitosti (Obr. 48).



Obr. 46: Řez - ÚMOB - Jih



Obr. 47: Umístění vrtu (zelený kříž) a měřicího přístroje (červený bod)



Obr. 48: Složení vrtu číslo 661443

Samotné měření v prostorech ÚMOB - Jih proběhlo 6.4.2016 v dopoledních hodinách. Celá aparatura byla umístěna v západní části budovy (Obr. 49). Zjištěná změřená vzdálenost pomocí dálkoměru byla 56,603 m. Záznam z měření ve směru Ostrava - Zábřeh je zaznamenán v tabulce č. 8. Celkově bylo zaznamenáno 18 projíždějících tramvajových vozů a souprav těchto typů: ČKD T3, Vario LFR, ASTRA, ČKD T6A5 (Obr. 50).



Obr. 49: Umístění měřicí aparatury



Obr. 50: Projíždějící tramvaj před budovou ÚMOB - Jih

Číslo měření	Čas průjezdu	Číslo linky	Číslo vozů	Typ vozů
1	8:19	12	1211	ASTRA
2	8:22	17	1026 + 1002	ČKD T3 + ČKD T3
3	8:26	15	1335	Vario LFR
4	8:27	12	1332	Vario LFR
5	8:32	17	1114 + 1116	ČKD T6A5 + ČKD T6A5
6	8:35	15	1345	Vario LFR
7	8:37	12	978	ČKD T3
8	8:42	17	1326 + 1319	Vario LFR + Vario LFR
9	8:45	15	1313	Vario LFR
10	8:47	12	1042	ČKD T3
11	8:52	17	1116 + 1112	ČKD T6A5 + ČKD T6A5
12	8:55	17	1364	Vario LFR
13	8:57	12	1334	Vario LFR
14	9:02	17	1370 + 1369	Vario LFR + Vario LFR
15	9:05	15	1317	Vario LFR
16	9:09	12	1028	ČKD T3
17	9:12	17	919 + 975	ČKD T3 + ČKD T3
18	9:17	12	1014	ČKD T3

Tabulka č. 8: Záznamová tabulka při měření budovy - ÚMOB JIH

4.7. DIVADLO PETRA BEZRUČE

Divadlo Petra Bezruče sídlí od roku 1990 na křižovatce mezi ulicemi 28. října a Janovského. Tramvajová trať se nachází na ulici 28. října a je z obou stran lemována jednopruhovou silnicí a chodníkem (Obr. 51).

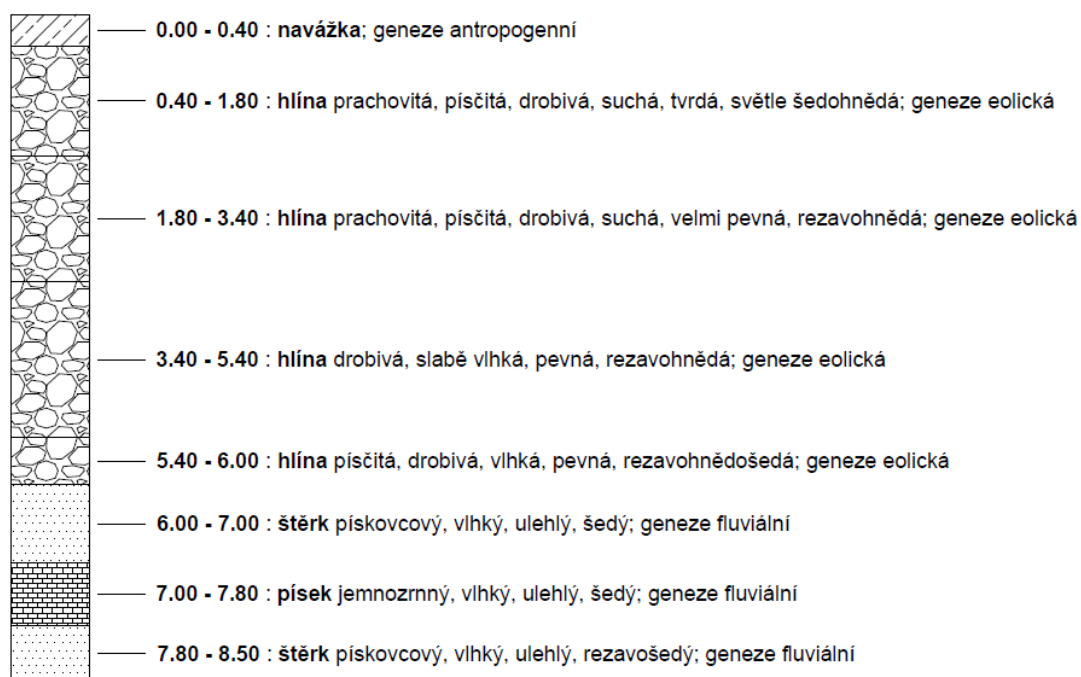


Obr. 51: *Divadlo Petra Bezruče*

Z databáze České geologické služby – Geofondu, byl získán vrt číslo 332928 (Obr. 52), který byl realizován firmou Stavoprojekt Ostrava v roce 1988 do hloubky 8,50 m v nadmořské výšce 222,20 B.p.v.. Hladina podzemní vody se zde nenachází (Obr. 53).



Obr. 52: Umístění vrtu (zelený kříž) a měřicího přístroje (červený bod)



Obr. 53: Složení vrtu číslo 332928

Samotné měření v prostorech divadla proběhlo 31.3.2016 v dopoledních hodinách. Celá aparatura byla umístěna v jihovýchodní části budovy (Obr. 54). Zjištěná změřená vzdálenost pomocí dálkoměru byla 10,278 m. Záznam z měření ve směru z centra je zaznamenán v tabulce č. 9. Celkově bylo zaznamenáno 24 projíždějících tramvajových vozů a souprav těchto typů: KT8D5.RN1, ČKD T3, Vario LFR, Vario LF2, Inekon TRIO, ASTRA, ČKD K2 (Obr. 55).



Obr. 54: *Umístění měřicí aparatury*



Obr. 55: *Projíždějící tramvaj před budovou divadla P. Bezruč*

Číslo měření	Čas průjezdu	Číslo linky	Číslo vozů	Typ vozů
1	10:56	8	1501	KT8D5.RN1
2	10:57	12	1202	ASTRA
3	11:00	4	1258	Inekon TRIO
4	11:01	11	1001	ČKD T3
5	11:06	8	1502	KT8D5.RN1
6	11:07	12	1345	Vario LFR
7	11:10	4	1207	ASTRA
8	11:11	11	1334	Vario LFR
9	11:16	8	1027 + 947	ČKD T3 + ČKD T3
10	11:17	12	1042	ČKD T3
11	11:21	4	1402	Vario LF2
12	11:21	11	1040	ČKD T3
13	11:25	8	1355 + 1356	Vario LFR + Vario LFR
14	11:27	12	978	ČKD T3
15	11:30	4	1201	ASTRA
16	11:31	11	1313	Vario LFR
17	11:35	12	1337	Vario LFR
18	11:37	8	983 + 979	ČKD T3 + ČKD T3
19	11:39	4	802	ČKD K2
20	11:41	11	1335	Vario LFR
21	11:47	8	1326 + 1319	Vario LFR + Vario LFR
22	11:47	12	941	ČKD T3
23	11:51	4	1212	ASTRA
24	11:52	11	1365	Vario LFR

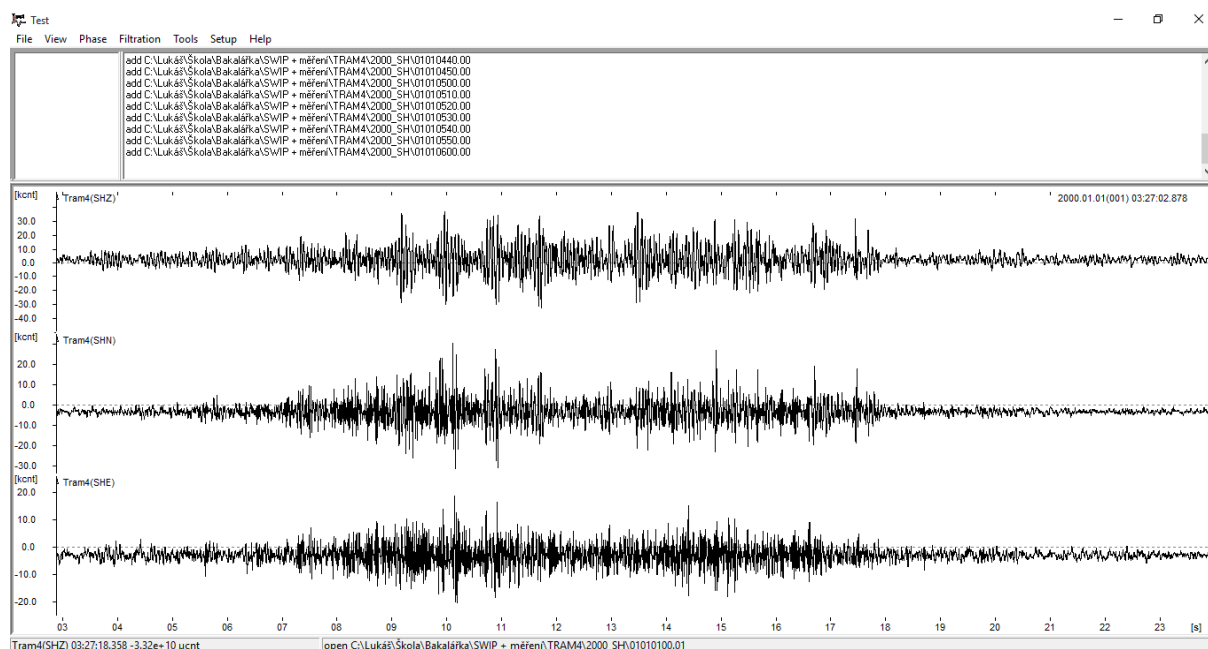
Tabulka č. 9: Záznamová tabulka při měření budovy - Divadlo Petra Bezruče

5. VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

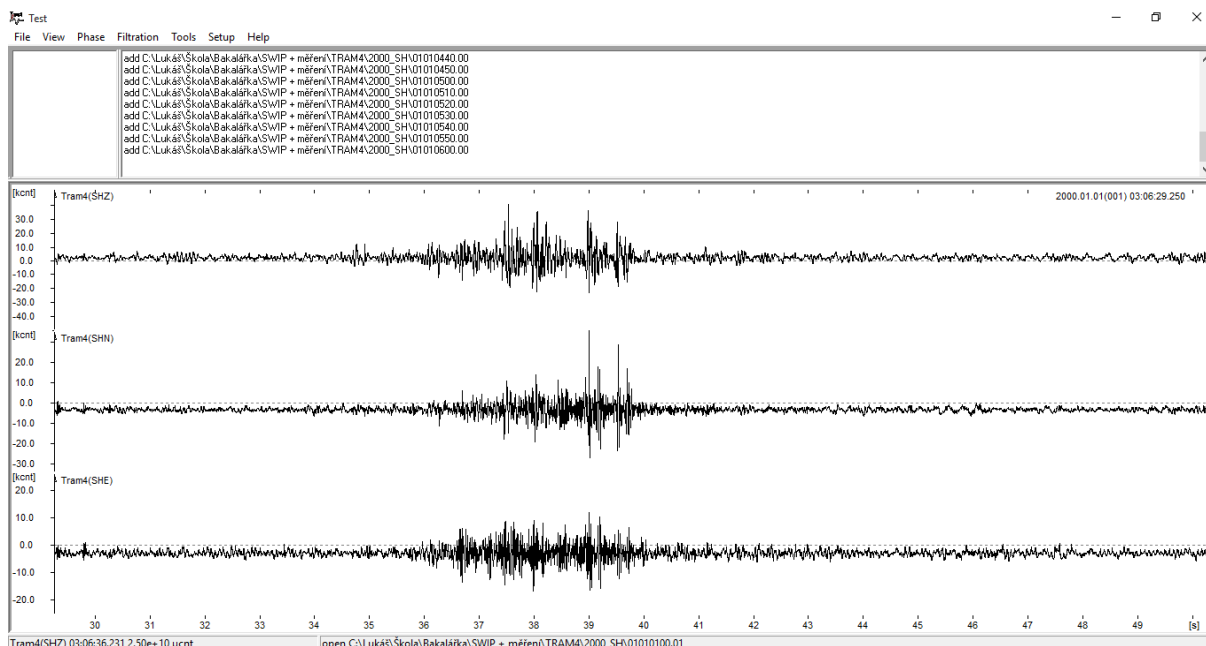
Hodnoty kmitání byly zjištěny z programu Swip, kde byly z naměřených vlnových záznamů odečteny maximální hodnoty amplitud rychlosti kmitání ve třech na sebe kolmých směrech, přesněji ve směru vertikálním (SHZ), horizontálním radiálním (SHN) a horizontálním transversálním (SHE). Program neumožňuje přímé zobrazení hodnot amplitud rychlosti kmitání ve fyzikálních jednotkách [mm.s⁻¹]. Hodnoty amplitud rychlosti kmitání jsou v tomto programu zobrazeny v countech [cnt] (Obr. 56 a 57). V našem případě přesněji v μcnt , z toho důvodu bylo potřeba udělat přepočít pomocí tohoto převodního vzorce:

$$1\mu\text{cnt} = 2,987 \cdot 10^{-12} [\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

Vyhodnocení měření byla poté zpracována v následujících grafech č. 1 - 16. První graf u každé významné budovy ukazuje četnost průjezdu měřených tramvajových vozů a souprav. Druhý graf je složen z tabulky a grafického znázornění všech tří maximálních amplitud rychlosti kmitání u daných měřených tramvajových vozů a souprav podle čísla průjezdu.

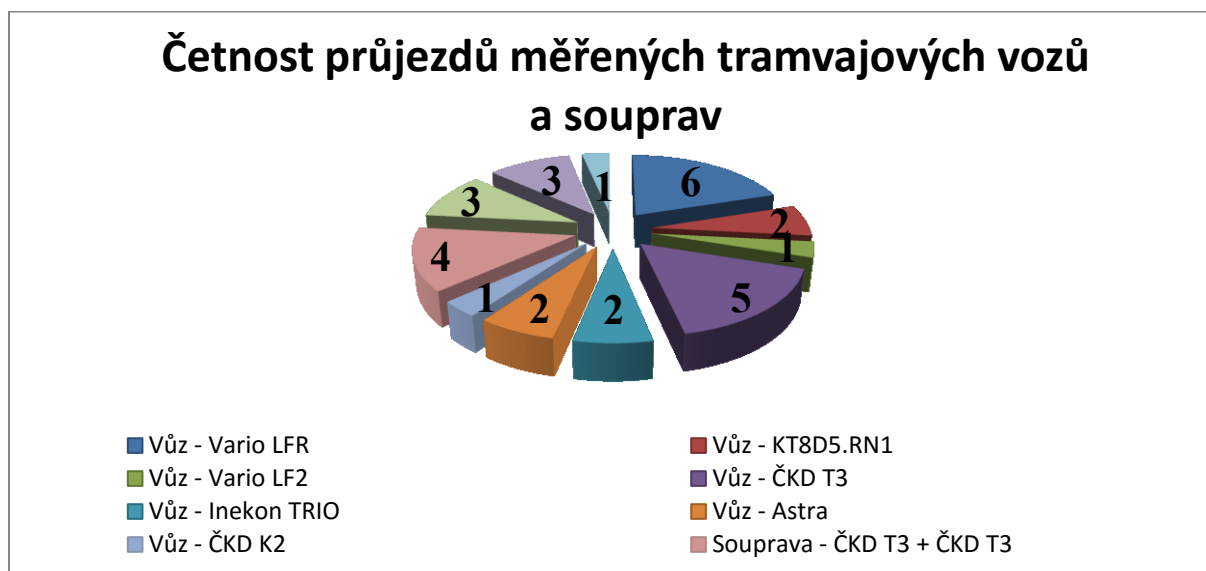


Obr. 56: Záznam v programu SWIP pro projíždějící tramvajovou soupravu
ČKD T3 + ČKD T3



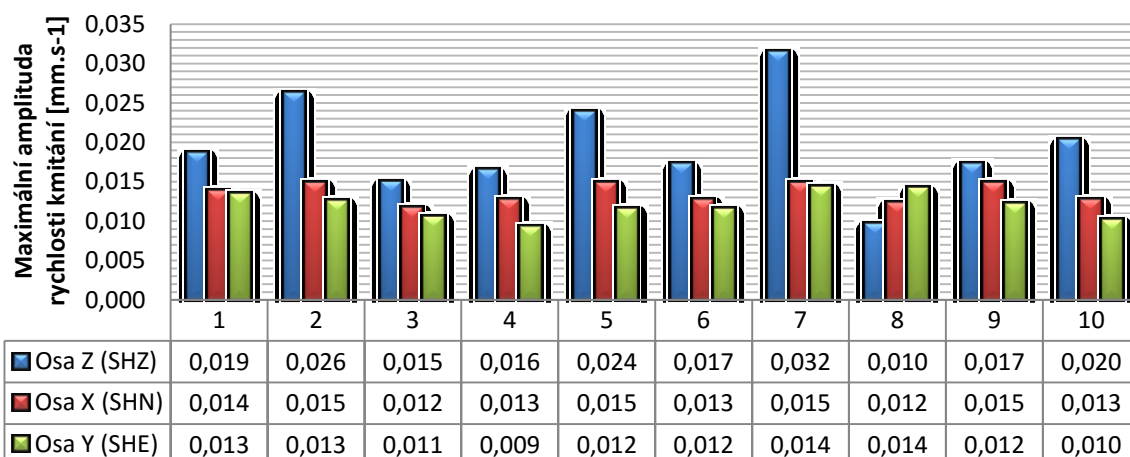
Obr. 57: Záznam v programu SWIP pro projíždějící tramvajový vůz ČKD T3

5.1. KRAJSKÝ ÚŘAD

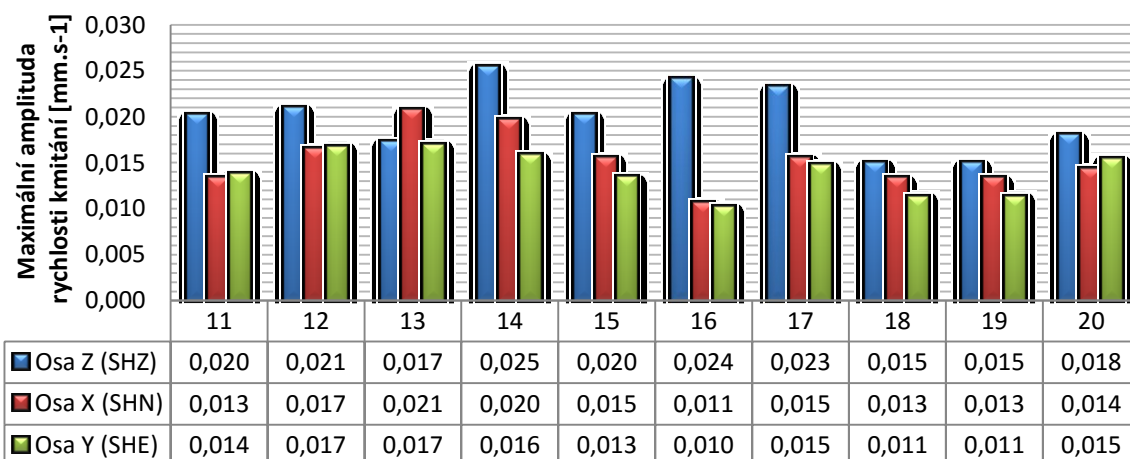


Graf č. 1: Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Krajský úřad

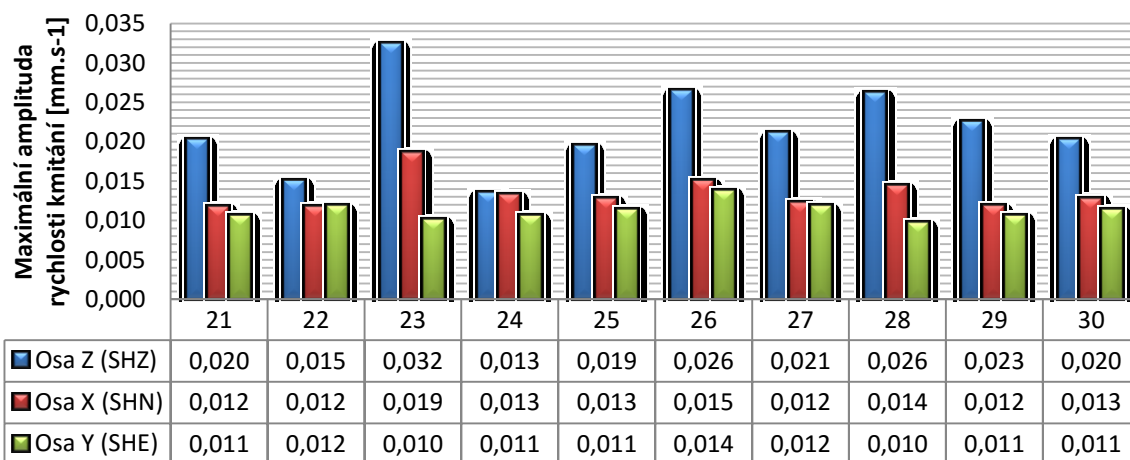
Maximální amplitudy rychlosti kmitání



Maximální amplitudy rychlosti kmitání

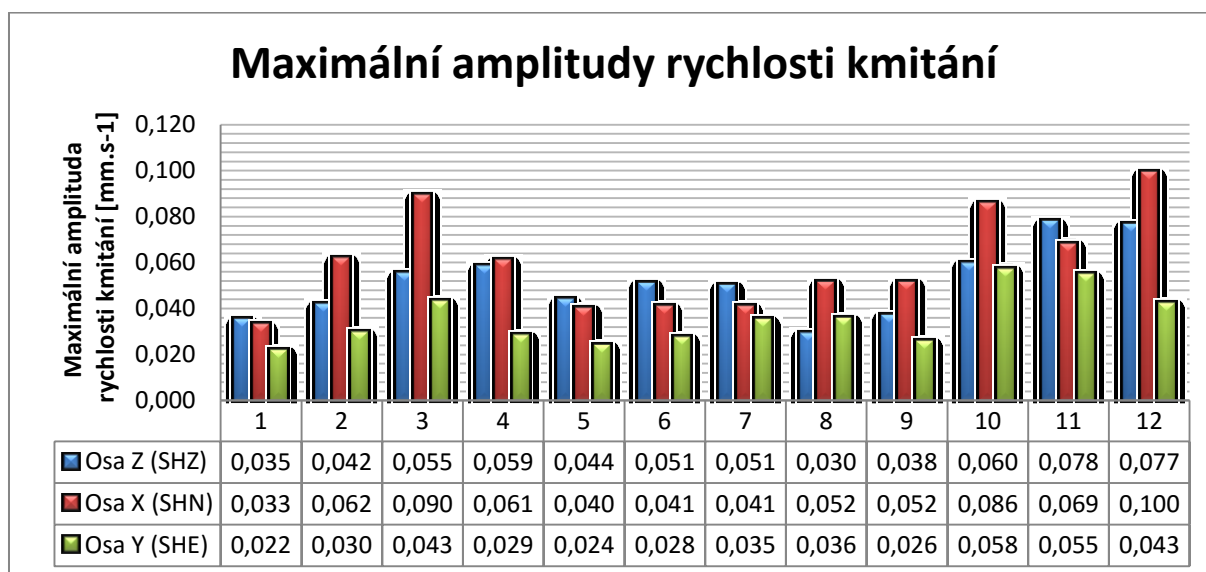


Maximální amplitudy rychlosti kmitání

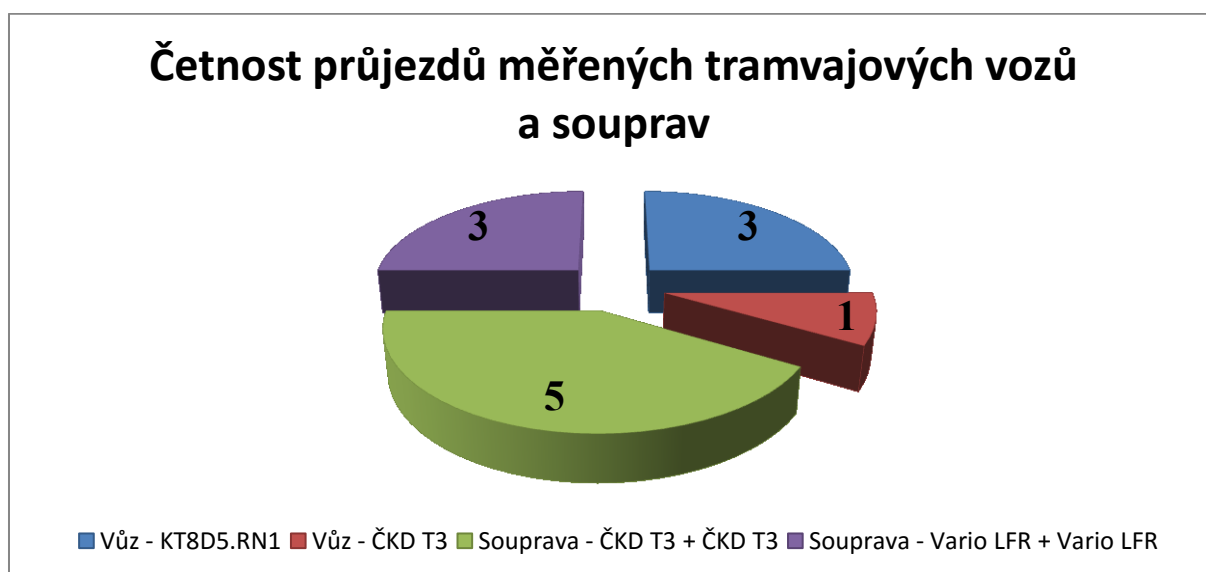


Graf č. 2: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Krajský úřad

5.2. KOSTEL SV. JOSEFA

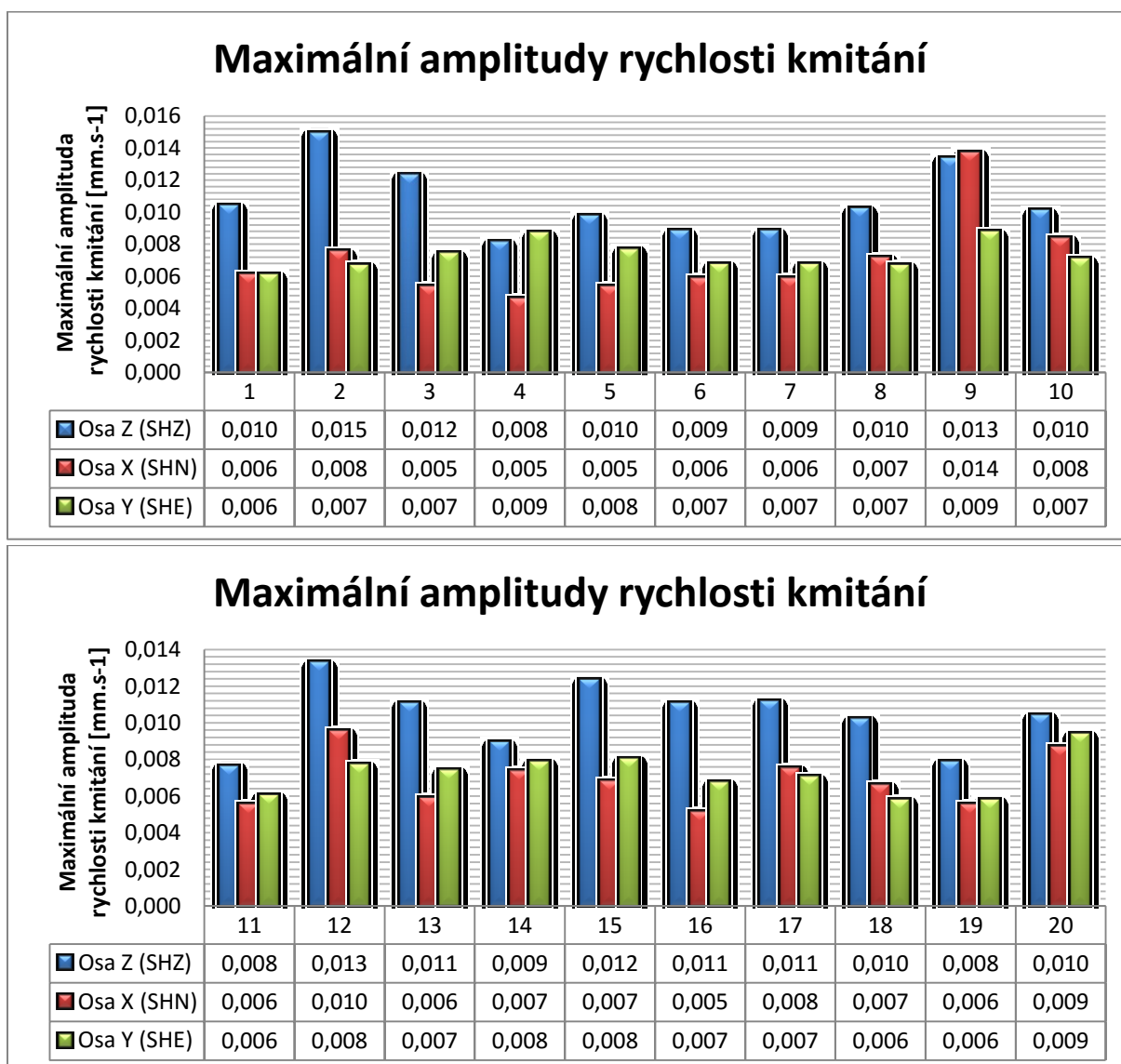


Graf č. 3: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Kostel sv. Josefa

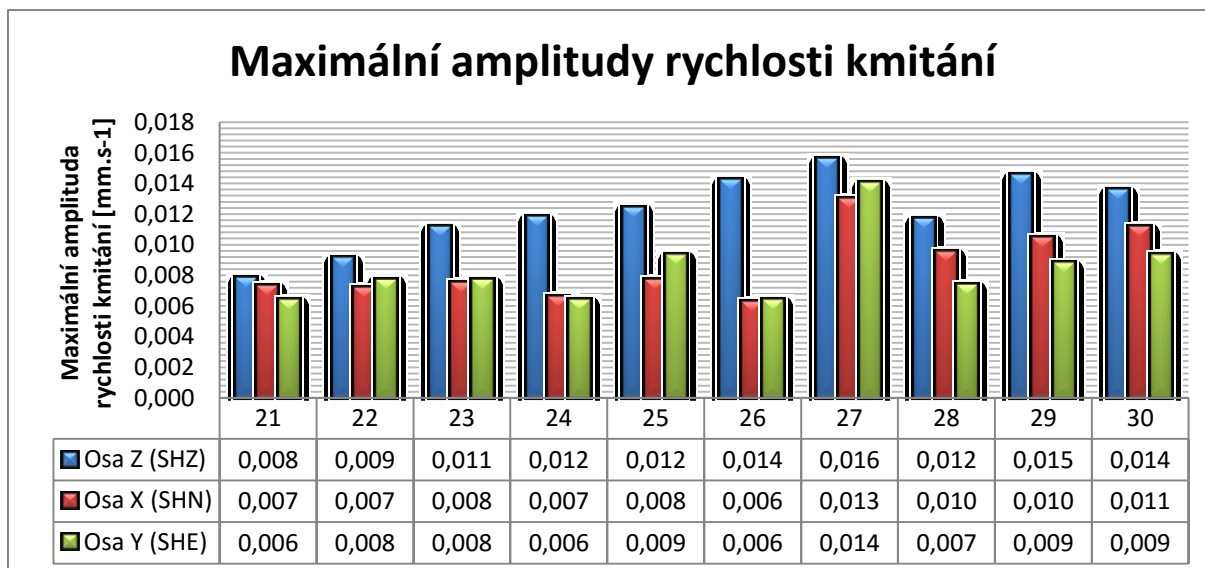


Graf č. 4: Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Kostel sv. Josefa

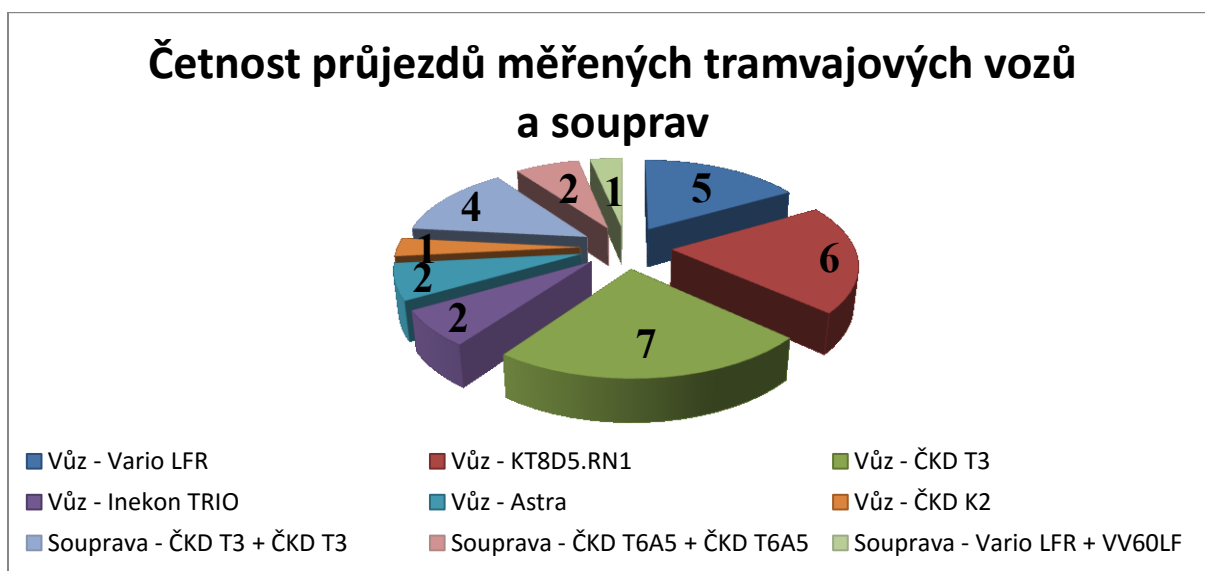
5.3. DŮM KULTURY OSTRAVA



Graf č. 5: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Dům kultury Ostrava

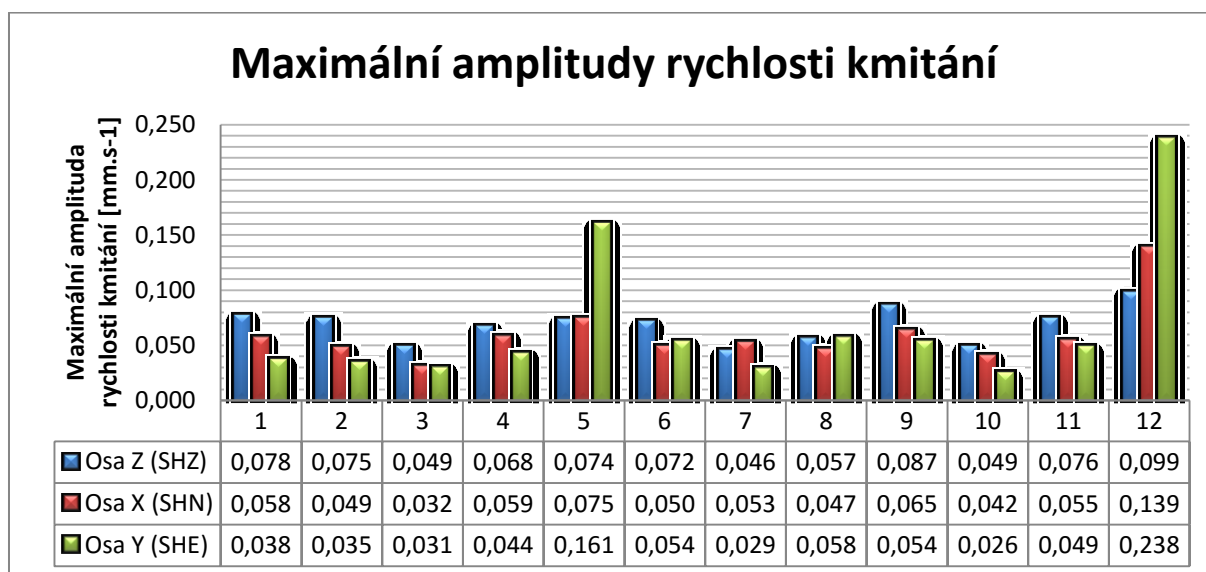


Graf č. 5: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Dům kultury Ostrava

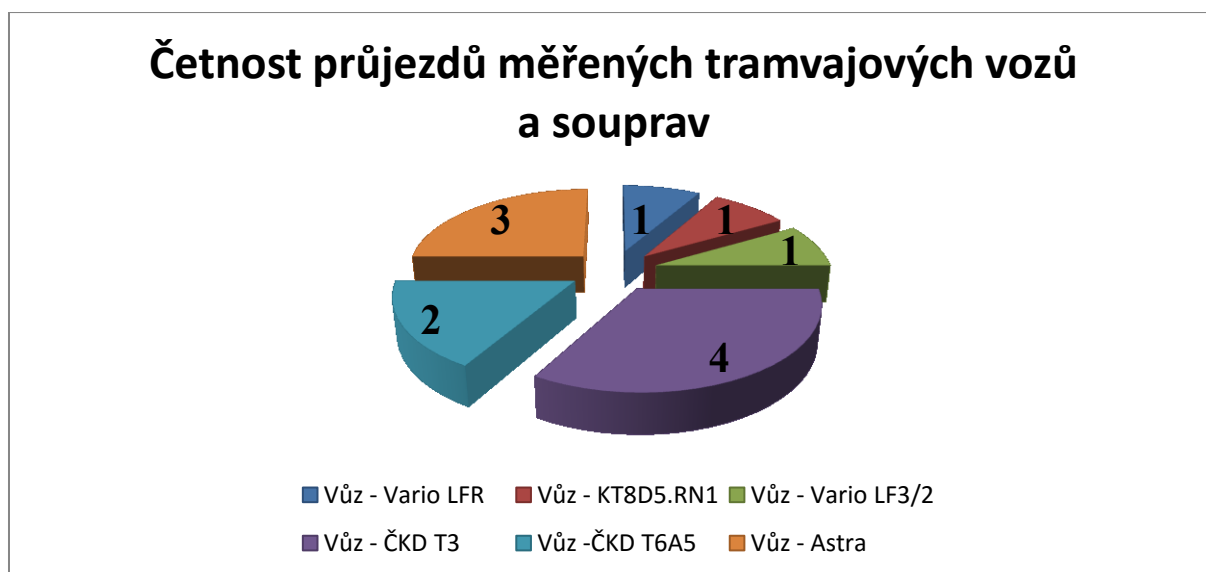


Graf č. 6: Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Dům kultury Ostrava

5.4. PLYNÁRNÝ RWE

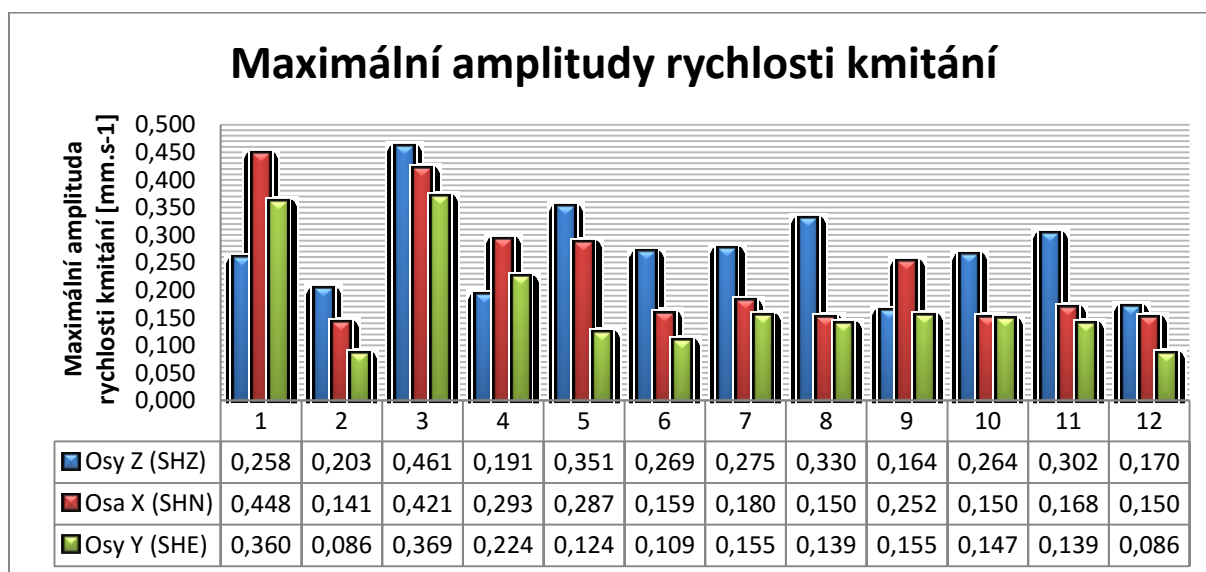


Graf č. 7: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Plynárny RWE

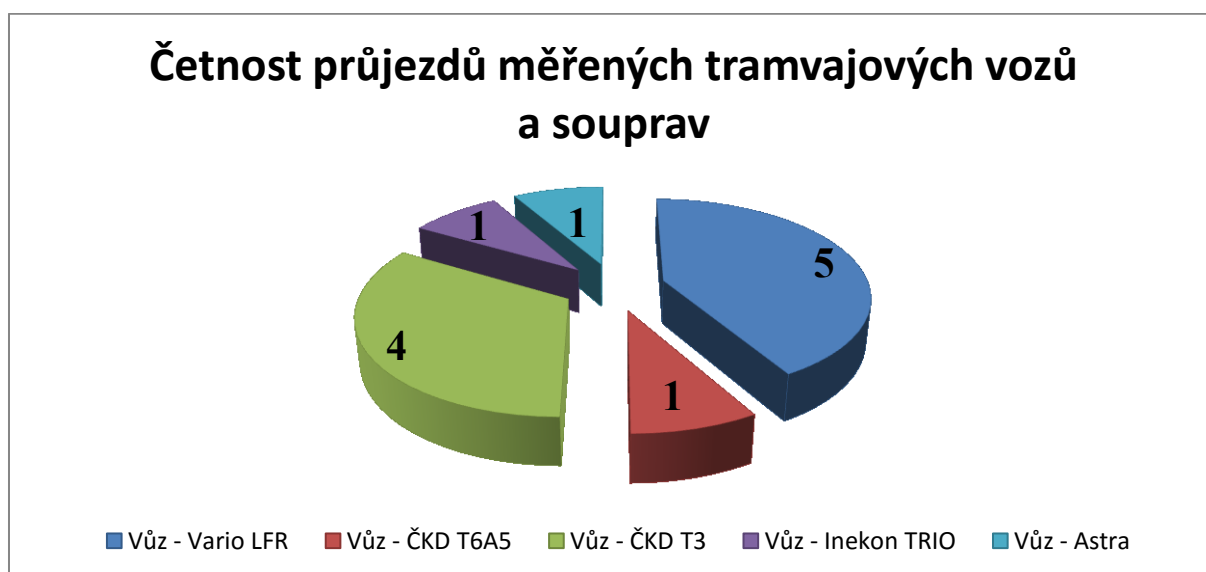


Graf č. 8: Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Plynárny RWE

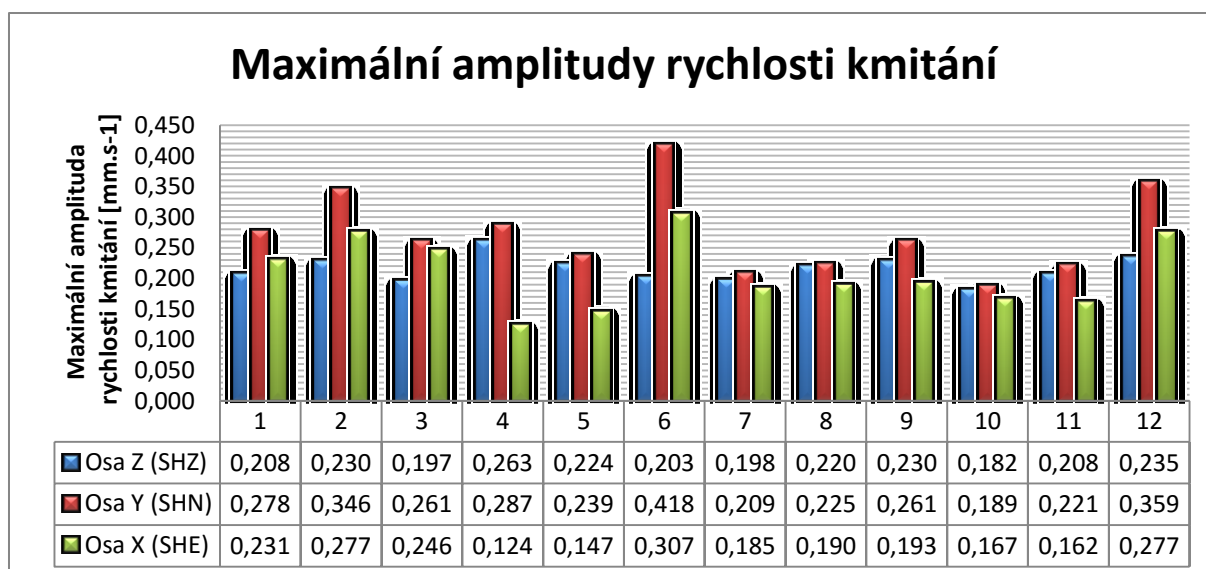
5.5. ÚMOB - VÍTKOVICE



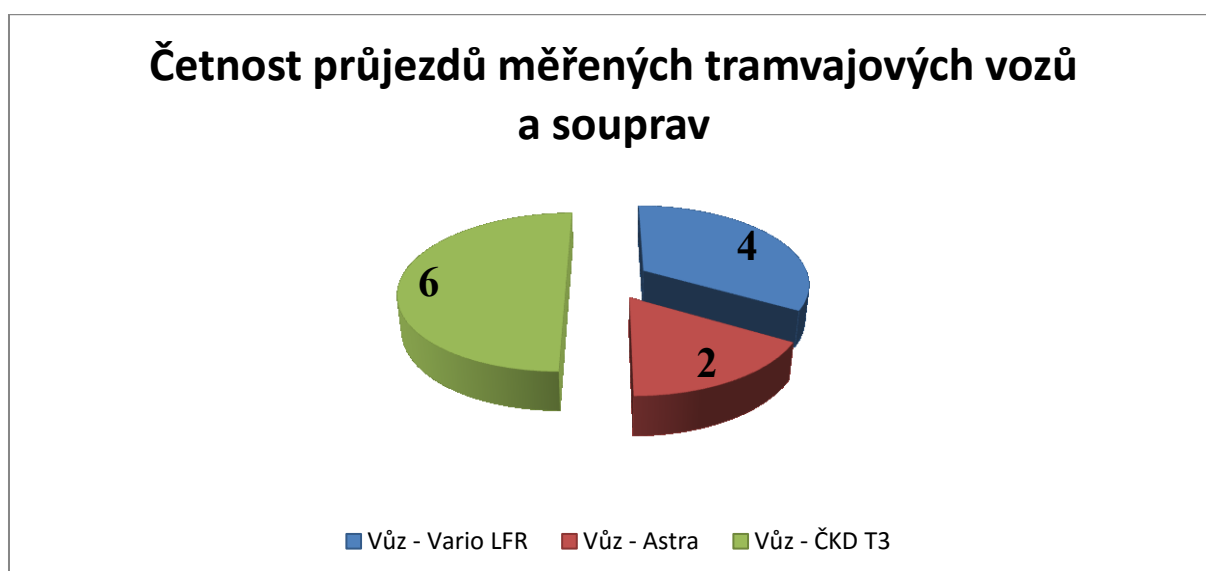
Graf č. 9: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech na bližší koleji - ÚMOB - Vítkovice



Graf č. 10: Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav na bližší koleji - ÚMOB - Vítkovice

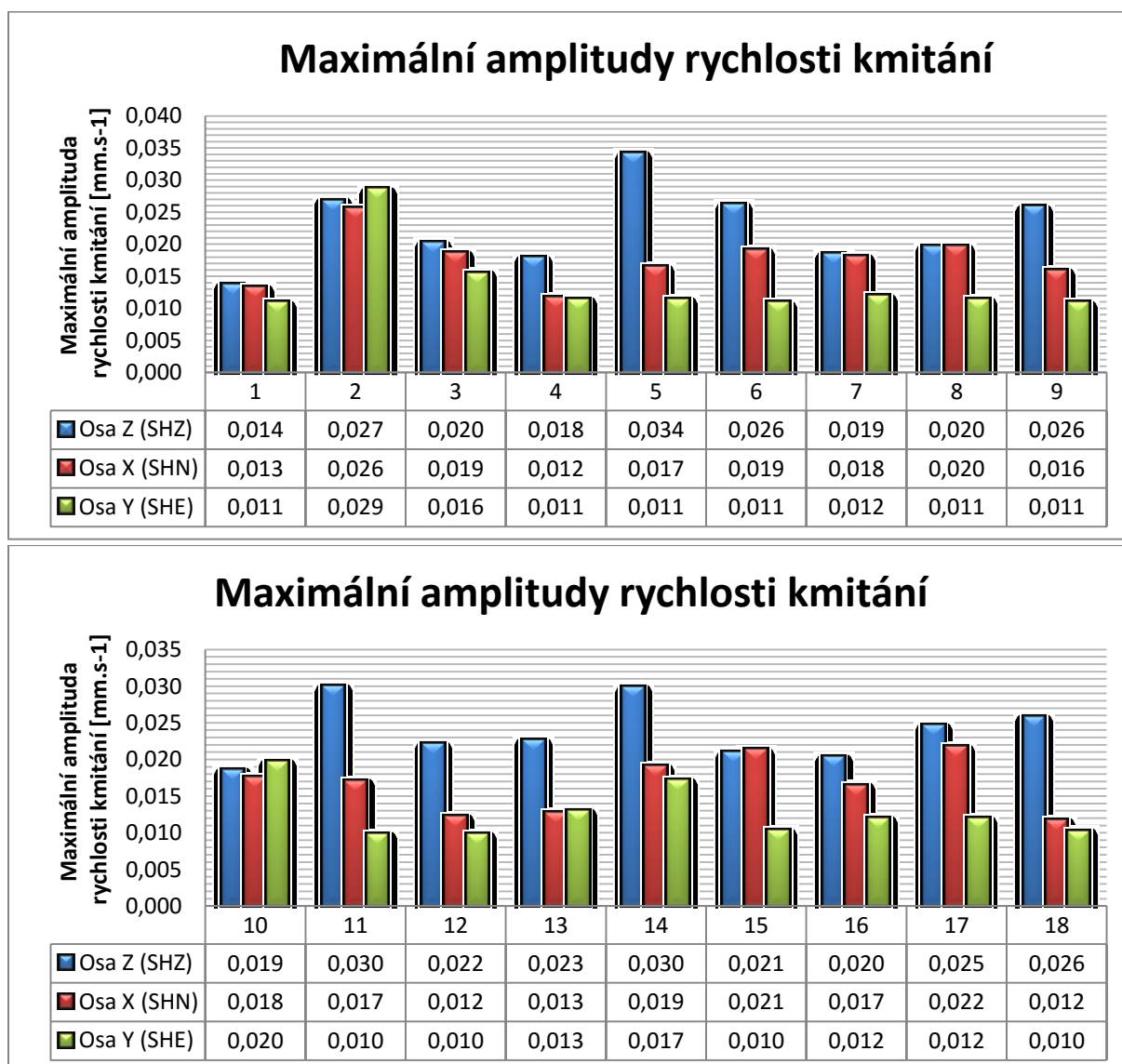


Graf č. 11: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech na vzdálenější koleji - ÚMOB - Vítkovice



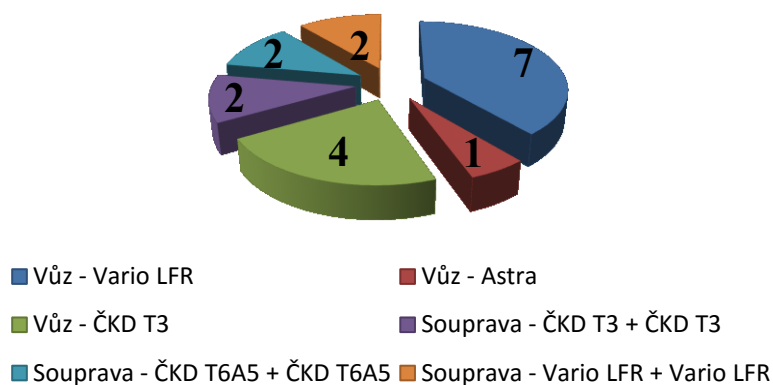
Graf č. 12: Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav na vzdálenější koleji - ÚMOB - Vítkovice

5.6. ÚMOB - JIH



Graf č. 13: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - ÚMOB - Jih

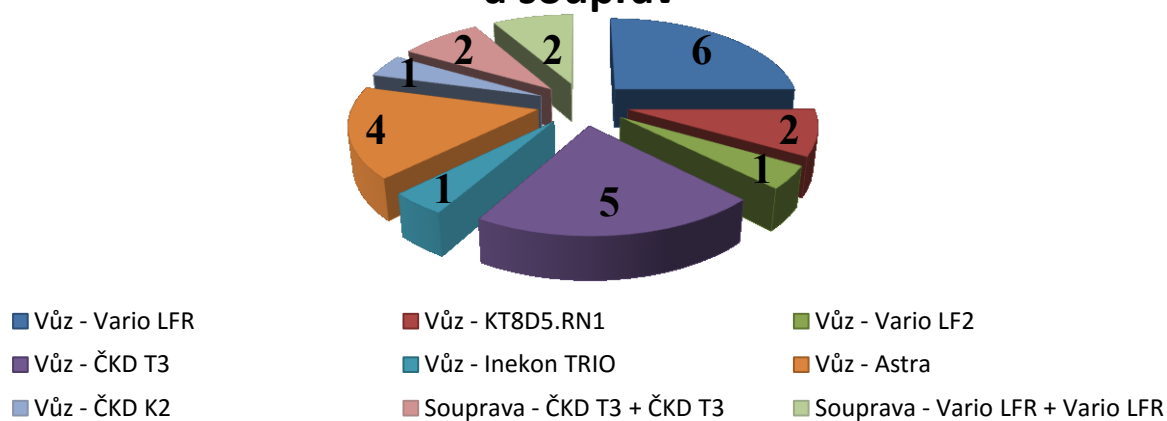
Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav



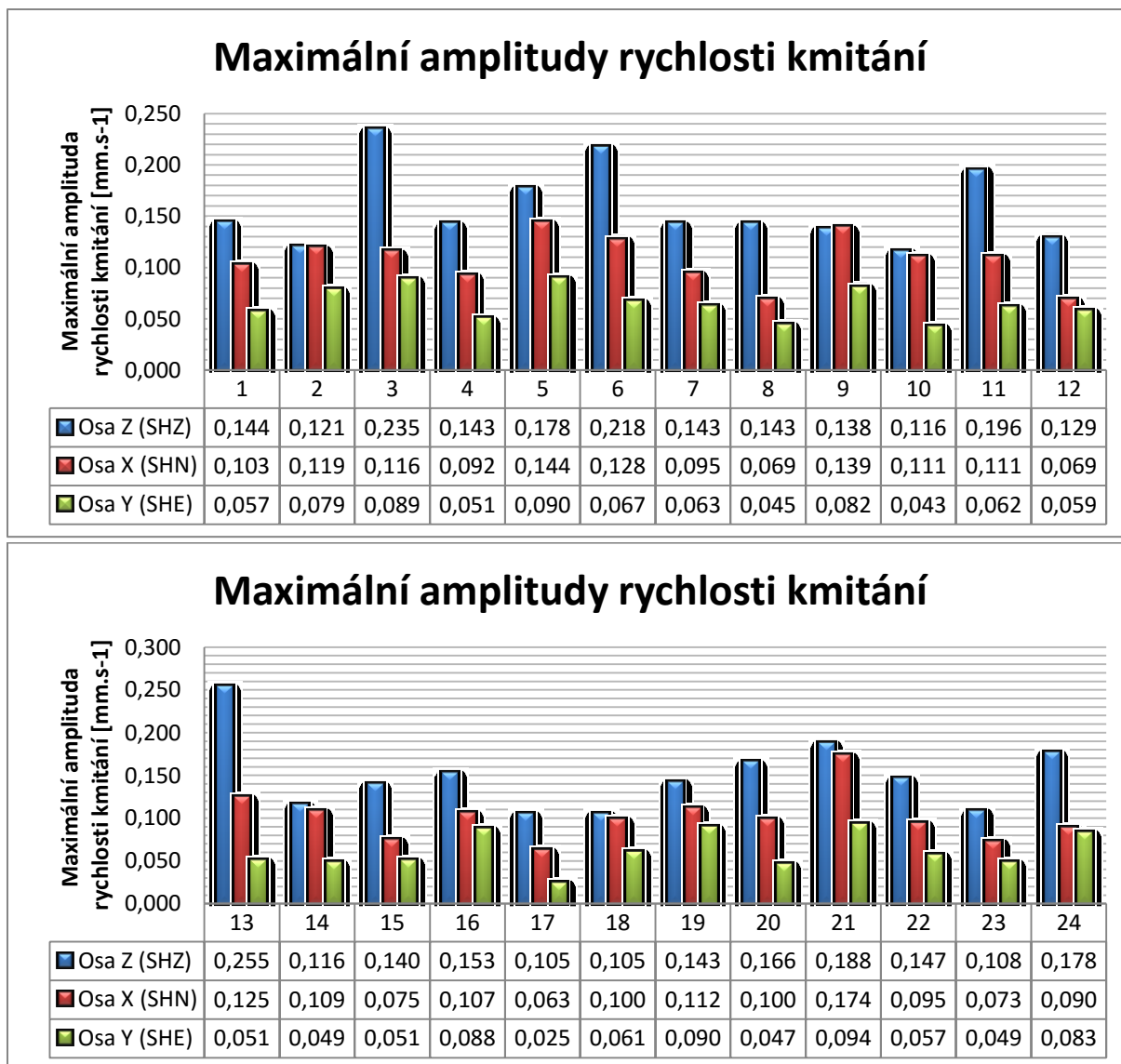
Graf č. 14: Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - ÚMOB - Jih

5.7. DIVADLO PETRA BEZRUČE

Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav



Graf č. 15: Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Divadlo P. Bezruč



Graf č. 16: Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Divadlo P. Bezruč

6. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá seizmickými odezvami významných budov města Ostravy vlivem tramvajové dopravy. Cílem bylo provést seizmické měření ve významných budovách v Ostravě a následně vyhodnotit získaná data v amplitudové oblasti. Pro lepší informace o daných budovách byly u některých z nich získány projektové dokumenty a složení podloží pomoci geologických vrtů. Měření v každé významné budově bylo prováděno v délce jedné hodiny a poté graficky vyhodnoceno podle maximálních amplitud rychlosti kmitání a četnosti průjezdu daných typů tramvajových vozů a souprav.

Měření probíhalo přesněji v sedmi předem zajištěných budovách pro tramvaje projíždějící na bližší koleji. Výjimkou je pouze budova Úmob - Vítkovice, kde bylo vyhodnocení prováděno i pro projíždějící tramvajové vozy a soupravy na vzdálenější koleji. Důvodem tohoto měření na vzdálenější koleji byla nejkratší vzdálenost vzdálenější koleje ze všech měřených budov. Celkový počet všech měřených tramvajových průjezdů v bakalářské práci byl 150 průjezdů. Přesněji 138 průjezdů na bližší koleji a 12 průjezdů na vzdálenější koleji. Nejčastějšími tramvajovými vozy byly vozy typu ČKD T3 (31), Vario LFR (28) a Astra (13). Nejčastějšími tramvajovými soupravami byla souprava ČKD T3 + ČKD T3 (13). Opakem byly vozy typu Vario LF2, Vario LF3/2 a vlečný vůz VV60LF, které projely pouze jednou. V tabulce č. 10 jsou představeny vždy tři typy tramvají, které v daných budovách generovaly největší dynamické účinky.

Krajský úřad - 44,600m					
Pořadí	Typ vozu nebo soupravy	Čas průjezdu	Osa Z (SHZ)	Osa X (SHN)	Osa Y (SHE)
1.	Vario LFR	15:05	0,032	0,015	0,014
2.	ASTRA	15:39	0,032	0,019	0,010
3.	ČKD T3	15:21	0,025	0,020	0,016
Kostel sv. Josefa - 11,510m					
Pořadí	Typ vozu nebo soupravy	Čas průjezdu	Osa Z (SHZ)	Osa X (SHN)	Osa Y (SHE)
1.	Vario LFR + Vario LFR	10:24	0,078	0,069	0,055
2.	ČKD T3 + ČKD T3	10:28	0,077	0,100	0,043
3.	ČKD T3 + ČKD T3	10:18	0,060	0,086	0,058
Dům kultury Ostrava - 43,222m					
Pořadí	Typ vozu nebo soupravy	Čas průjezdu	Osa Z (SHZ)	Osa X (SHN)	Osa Y (SHE)
1.	ČKD T3	17:01	0,016	0,014	0,013
2.	Vario LFR	17:08	0,015	0,010	0,009
3.	ČKD T3	16:27	0,013	0,014	0,009
Plynárny RWE - 11,672m					
Pořadí	Typ vozu nebo soupravy	Čas průjezdu	Osa Z (SHZ)	Osa X (SHN)	Osa Y (SHE)
1.	ASTRA	14:19	0,099	0,139	0,238
2.	ASTRA	13:38	0,074	0,075	0,161
3.	ČKD T6A5	14:03	0,087	0,065	0,054
Úmobe - Vítkovice (bližší kolej) - 4,610m					
Pořadí	Typ vozu nebo soupravy	Čas průjezdu	Osa Z (SHZ)	Osa X (SHN)	Osa Y (SHE)
1.	ČKD T3	10:03	0,461	0,421	0,369
2.	Vario LFR	9:54	0,258	0,448	0,360
3.	ASTRA	10:10	0,191	0,293	0,224
Úmobe - Vítkovice (vzdálenější kolej) - 7,655m					
Pořadí	Typ vozu nebo soupravy	Čas průjezdu	Osa Z (SHZ)	Osa X (SHN)	Osa Y (SHE)
1.	ASTRA	10:19	0,203	0,418	0,307
2.	Vario LFR	10:48	0,235	0,359	0,277
3.	ČKD T3	9:59	0,203	0,346	0,277
Úmobe - Jich - 56,603m					
Pořadí	Typ vozu nebo soupravy	Čas průjezdu	Osa Z (SHZ)	Osa X (SHN)	Osa Y (SHE)
1.	ČKD T3 + ČKD T3	8:22	0,027	0,026	0,029
2.	Vario LFR + Vario LFR	9:02	0,030	0,019	0,017
3.	ČKD T3	8:47	0,019	0,018	0,020
Divadlo Petra Bezruče - 10,278m					
Pořadí	Typ vozu nebo soupravy	Čas průjezdu	Osa Z (SHZ)	Osa X (SHN)	Osa Y (SHE)
1.	Inekon TRIO	11:00	0,235	0,116	0,089
2.	KT8D5.RN1	11:06	0,178	0,144	0,090
3.	ČKD T3 + ČKD T3	11:16	0,138	0,139	0,082

Tabulka č. 10: Souhrn tří největších maximálních amplitud rychlosti kmitání tramvají ve všech měřených budovách

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ INFORMACÍ

- [1] **KALÁB, Z.** *Seizmická měření v geotechnice*. Ostrava, 2008. ISBN 978-80-2481795-5.
- [2] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. *Zákony pro lidi*. [Online]
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>.
- [3] **Český normalizační institut.** *ČSN 73 0040 - Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva*. Praha : autor neznámý, 1996.
- [4] **MATAJSY, J.** *Vliv horninového prostředí na útlum rychlosti kmitání od dynamických účinků tramvajové dopravy*. Ostrava, 2015.
- [5] **ŘEHÁK, J.** *Seizmická odezva tramvajové dopravy v zastavěné oblasti*. Ostrava, 2014.
- [6] Historie MHD. *Dopravní podnik Ostrava*. [Online] <http://www.dpo.cz/historie-mhd.html>.
- [7] Data a čísla DPO. *Dopravní podnik Ostrava*. [Online]
<http://www.dpo.cz/soubory/aktuality/prirucky/datacisla.pdf>.
- [8] Schéma tramvajové dopravy. *Dopravní podnik Ostrava*. [Online]
<http://www.dpo.cz/soubory/jr/schema-tram-dopravy-2016-04-01-nadrazni2.pdf>.
- [9] Tramvaje. *Dopravní podnik Ostrava*. [Online] <http://www.dpo.cz/o-spolecnosti/vozy/tramvaje.html>.
- [10] Tramvaje. *MHD - Ostrava*. [Online] <http://www.mhd-ostrava.cz/?s=tramvaje>.
- [11] *Uživatelská příručka seismické měřicí aparatury Gaia2T*. Vistec, 2006.
- [12] Seizmická měření. *Geotechnici*. [Online] http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/Monitoring_cviceni7_seismika.pdf.
- [13] *Uživatelská příručka seismického senzoru ViGeo2*. Vistec, 2006.
- [14] Kostel sv. Josefa. *Selesiáni Dona Boska*. [Online] <http://ostrava.sdb.cz/kostel/>.
- [15] Dům kultury Ostrava. *Architektura divadel*. [Online] <http://www.theatre-architecture.eu/cs/db.html?theatreId=431>.

8. SEZNAM OBRÁZKŮ POUŽITÝCH V TEXTU

- Obr. 1:** *Schéma tramvajové dopravy*
- Obr. 2:** *Nákres vozu ČKD T3*
- Obr. 3:** *Nákres vozu ČKD K2*
- Obr. 4:** *Nákres vozu KT8D5.RN1*
- Obr. 5:** *Nákres vozu ČKD T6A5*
- Obr. 6:** *Nákres vozu Škoda - Inekon LTM 10.08 (ASTRA)*
- Obr. 7:** *Nákres vozu Inekon 2001 TRIO*
- Obr. 8:** *Nákres vozu T3R.EV*
- Obr. 9:** *Nákres vozu Vario LFR*
- Obr. 10:** *Nákres vozu Vario LF3*
- Obr. 11:** *Nákres vozu Vario LF2*
- Obr. 12:** *Nákres vozu Vario LF3/2*
- Obr. 13:** *Nákres vozu Vario LF2 plus*
- Obr. 14:** *Nákres vlečného vozu VV60LF*
- Obr. 15:** *Aparatura Gaia 2T (vlevo) a senzor Vigeo2 (vpravo)*
- Obr. 16:** *Mapa Ostravy s vyznačenými měřenými budovami*
- Obr. 17:** *Krajský úřad*
- Obr. 18:** *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřícího přístroje (červený bod)*
- Obr. 19:** *Složení vrtu číslo 330061*
- Obr. 20:** *Umístění měřící aparatury*
- Obr. 21:** *Projíždějící tramvaj před budovou Krajského úřadu*
- Obr. 22:** *Kostel sv. Josefa*
- Obr. 23:** *Řez - kostel sv. Josefa*
- Obr. 24:** *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřícího přístroje (červený bod)*
- Obr. 25:** *Složení vrtu číslo 641825*
- Obr. 26:** *Umístění měřící aparatury*
- Obr. 27:** *Projíždějící tramvaj před budovou kostela sv. Josefa*
- Obr. 28:** *Dům kultury Ostrava*
- Obr. 29:** *Řez - Dům kultury Ostrava*
- Obr. 30:** *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřícího přístroje (červený bod)*
- Obr. 31:** *Složení vrtu číslo 330059*
- Obr. 32:** *Umístění měřící aparatury*

- Obr. 33:** *Projíždějící tramvaj budovou Domu kultury Ostrava*
- Obr. 34:** *Plynárny RWE*
- Obr. 35:** *Řez - Plynárny RWE*
- Obr. 36:** *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřícího přístroje (červený bod)*
- Obr. 37:** *Složení vrtu číslo 330657*
- Obr. 38:** *Umístění měřící aparatury*
- Obr. 39:** *Projíždějící tramvaj před budovou plynáren RWE*
- Obr. 40:** *ÚMOB - Vítkovice*
- Obr. 41:** *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřícího přístroje (červený bod)*
- Obr. 42:** *Složení vrtu číslo 334201*
- Obr. 43:** *Umístění měřící aparatury*
- Obr. 44:** *Projíždějící tramvaj před budovou ÚMOB - Vítkovice*
- Obr. 45:** *ÚMOB - Jih*
- Obr. 46:** *Řez - ÚMOB - Jih*
- Obr. 47:** *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřícího přístroje (červený bod)*
- Obr. 48:** *Složení vrtu číslo 661443*
- Obr. 49:** *Umístění měřící aparatury*
- Obr. 50:** *Projíždějící tramvaj před budovou ÚMOB - Jih*
- Obr. 51:** *Divadlo Petra Bezruče*
- Obr. 52:** *Umístění vrtu (zelený kříž) a měřícího přístroje (červený bod)*
- Obr. 53:** *Složení vrtu číslo 332928*
- Obr. 54:** *Umístění měřící aparatury*
- Obr. 55:** *Projíždějící tramvaj před budovou divadla P. Bezruče*
- Obr. 56:** *Záznam v programu SWIP pro projíždějící tramvajovou soupravu ČKD T3 + ČKD*
- Obr. 57:** *Záznam v programu SWIP pro projíždějící tramvajový vůz ČKD T3*

9. SEZNAM TABULEK POUŽITÝCH V TEXTU

Tabulka č. 1: *Souhrn tramvajových vozů*

Tabulka č. 2: *Záznamová tabulka při měření budovy - Krajský úřad*

Tabulka č. 3: *Záznamová tabulka při měření budovy - Kostel sv. Josefa*

Tabulka č. 4: *Záznamová tabulka při měření budovy - Dům kultury Ostrava*

Tabulka č. 5: *Záznamová tabulka při měření budovy - Plynárny RWE*

Tabulka č. 6: *Záznamová tabulka bližší koleje při měření budovy - ÚMOb Vítkovice*

Tabulka č. 7: *Záznamová tabulka vzdálenější koleje při měření budovy - ÚMOb Vítkovice*

Tabulka č. 8: *Záznamová tabulka při měření budovy - ÚMOb JIH*

Tabulka č. 9: *Záznamová tabulka při měření budovy - Divadlo Petra Bezruče*

Tabulka č. 10: *Souhrn tří největších maximálních amplitud rychlosti kmitání tramvají ve všech měřených budovách*

10. SEZNAM GRAFŮ POUŽITÝCH V TEXTU

Graf č. 1: *Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Krajský úřad*

Graf č. 2: *Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Krajský úřad*

Graf č. 3: *Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Kostel sv. Josefa*

Graf č. 4: *Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Kostel sv. Josefa*

Graf č. 5: *Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Dům kultury Ostrava*

Graf č. 6: *Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Dům kultury Ostrava*

Graf č. 7: *Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Plynárny RWE*

Graf č. 8: *Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Plynárny RWE*

Graf č. 9: *Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech na bližší koleji - ÚMOB - Vítkovice*

Graf č. 10: *Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav na bližší koleji - ÚMOB - Vítkovice*

Graf č. 11: *Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech na vzdálenější koleji - ÚMOB - Vítkovice*

Graf č. 12: *Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav na vzdálenější koleji - ÚMOB - Vítkovice*

Graf č. 13: *Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - ÚMOB - Jih*

Graf č. 14: *Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - ÚMOB - Jih*

Graf č. 15: *Četnost průjezdů měřených tramvajových vozů a souprav - Divadlo P. Bezruče*

Graf č. 16: *Maximální amplitudy rychlosti kmitání měřených tramvajových vozů a souprav ve všech třech směrech - Divadlo P. Bezruče*